



(11)

EP 3 034 880 B1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
16.10.2019 Patentblatt 2019/42

(51) Int Cl.:
F04D 19/04 ^(2006.01) **F04D 29/26** ^(2006.01)
F04D 29/32 ^(2006.01) **F04D 29/64** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14197977.3**

(22) Anmeldetag: **15.12.2014**

(54) **Rotoranordnung für eine vakuumpumpe und verfahren zur herstellung derselben**

Rotor assembly for a vacuum pump and method for producing the same

Rotor pour une pompe à vide et son procédé de fabrication

(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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.06.2016 Patentblatt 2016/25

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

(72) Erfinder:
• **Bader, Florian**
35625 Hüttenberg (DE)
• **Conrad, Armin**
35745 Herborn (DE)
• **Mädler, Matthias**
35759 Driedorf (DE)
• **Mekota, Mirko**
35630 Ehringshausen (DE)

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

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 1 666 730 EP-A1- 2 096 317
EP-A2- 1 621 774 DE-A1- 1 503 704
DE-A1- 2 050 555 JP-A- S60 162 585
JP-A- 2006 046 074 KR-A- 20120 073 629

• **"FERTIGUNGSVERFAHREN FUEGEN**
EINORDNUNG UNTERTEILUNG
BEGRIFFE//MANUFACTURING PRODUCTION
PROCESSES JOINING, CLASSIFICATION,
SUBDIVISION, CONCEPTS", DEUTSCHE
NORMEN. DIN NORM., Bd. 8593, 1. September
1985 (1985-09-01), XP001237334,

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 eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 3 034 880 B1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Rotoranordnung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, eine Turbomolekularpumpe gemäß Anspruch 7 und ein Verfahren zur Herstellung einer Rotoranordnung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 8.

[0002] Vakuumpumpen, wie zum Beispiel Turbomolekularpumpen, werden in unterschiedlichen Bereichen der Technik verwendet, um ein für einen jeweiligen Prozess notwendiges Vakuum zu schaffen. Eine Turbomolekularpumpe umfasst typischerweise eine Rotorwelle, mehrere mit der Rotorwelle verbundene Rotorscheiben sowie zwischen den Rotorscheiben angeordnete Statorscheiben. Die Rotor- und Statorscheiben weisen dabei jeweils Schaufeln auf, welche auch als Blätter bezeichnet werden. Die Schaufeln bilden eine pumpaktive Struktur und bewirken bei einer schnellen Drehung der Rotoranordnung relativ zu der Statoranordnung die gewünschte Pumpwirkung.

[0003] Aus dem Stand der Technik ist bekannt, Rotoranordnungen von Turbomolekularpumpen aus einem monolithischen Block spanend zu fertigen oder aus mehreren einzelnen Rotorscheiben zusammenzufügen. Die Fertigung aus einem Stück ist dabei sehr zeit- und fertigungsaufwändig. Das Zusammenfügen der Rotoranordnung aus mehreren Scheiben ist demgegenüber weniger zeit- und fertigungsaufwändig. Dabei werden die Rotorscheiben einzeln gefertigt und anschließend mit der Welle zusammengefügt. Das Fügen geschieht durch Aufpressen, Aufschumpfen oder auch durch Aufkleben der Rotorscheiben auf die Rotorwelle.

[0004] Aus der WO 2010/052056 A1 ist es außerdem bekannt, eine Rotoranordnung aus mehreren Rotorelementen zusammenzusetzen. Jedes Rotorelement weist dabei einen kreisförmigen, zylindrischen Ansatz auf. Die Ansätze sind jeweils mit einer Rotorscheibe verbunden. Die Rotorelemente werden über ein Schrumpfvorgang miteinander verbunden und bilden dabei auch die Rotorwelle aus.

[0005] Bei einer Rotoranordnung, die eine Rotorwelle mit aufgedrückten, aufgeschumpften oder auch aufgeklebten Rotorscheiben aufweist, müssen die Rotorscheiben mit hohen Fügekräften an der Rotorwelle befestigt werden, da nur so sichergestellt werden kann, dass sich die Rotorscheiben im Betrieb nicht von der Rotorwelle lösen, zumal bei hohen Drehzahlen der Rotoranordnung, wie sie bei einer Vakuumpumpe und insbesondere bei Turbomolekularpumpen auftreten können, aufgrund der hohen Zentrifugalkräfte die Fügekräfte noch verringert werden. Auch durch Temperatureinwirkungen können die Fügekräfte vermindert werden. Außerdem ist die Materialbelastung an den Fügestellen zwischen den Rotorscheiben und der Rotorwelle bereits im Ruhezustand sehr hoch. Zusätzlich erhöhen sich bei zunehmender Rotordrehzahl die Vergleichsspannungen in der Rotorscheibe signifikant unter dem Einfluss der Fliehkraft.

[0006] Die KR 10 2012 0073629 A beschreibt eine Rotoranordnung mit einer Rotorwelle und einer damit mechanisch verbundenen Rotorscheibe.

[0007] Die EP 1 621 774 A2 beschreibt eine Rotoranordnung für einen Turbolader mit einer Rotorscheibe und einer Rotorwelle, an deren axialem Ende die Rotorscheibe befestigt ist. Ein Stift an einer Seite der Rotorscheibe ist dabei in einer Aufnahme an dem axialen Ende der Rotorwelle aufgenommen und dort mittels eines Wärmeschrumpfvorgangs und eines Hartlötvorgangs befestigt.

[0008] Weiterer Stand der Technik ist aus EP 1 666 730 A1, DE 20 50 555 A1 und JP 2006 046074 A bekannt.

[0009] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Rotoranordnung für eine Turbomolekularpumpe bereitzustellen, die auf fertigungstechnisch einfache Weise herstellbar ist und die verbesserte Eigenschaften hinsichtlich der Fügestellen und an diesen auftretende Materialbelastungen aufweist.

[0010] Die Aufgabe wird durch eine Rotoranordnung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0011] Der Erfindung liegt außerdem die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung einer verbesserten Rotoranordnung für eine Vakuumpumpe bereitzustellen.

[0012] Die Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Herstellung einer Rotoranordnung mit den Merkmalen des Anspruchs 8 gelöst.

[0013] Eine erfindungsgemäße Rotoranordnung für eine Turbomolekularpumpe umfasst eine Rotorwelle und wenigstens eine Rotorscheibe, die eine zentrale Aufnahmeöffnung zur Aufnahme der Rotorwelle aufweist, wobei die Rotorscheibe auf der Rotorwelle angeordnet ist und zwischen der Rotorscheibe und der Rotorwelle eine mechanische Verbindung ausgebildet ist, wobei die mechanische Verbindung mittels eines thermischen Fügeverfahrens realisiert ist, wobei es sich bei dem Fügeverfahren um ein Schweißverfahren, insbesondere um Laserschweißen, Elektronenstrahlschweißen, Reibschweißen, Reibrührschweißen oder um eine Kombination aus den genannten Schweißverfahren, oder um ein Lötverfahren handelt.

[0014] Bei der erfindungsgemäßen Rotoranordnung ist die Rotorscheibe somit nicht auf der Rotorwelle aufgedrückt, aufgeschumpft oder aufgeklebt, sondern mittels des thermischen Fügeverfahrens mit der Rotorwelle mechanisch verbunden. Dadurch entsteht keine oder nur eine geringfügige Materialbelastung an der Fügestelle zwischen der Rotorscheibe und der Rotorwelle, wodurch unter anderem auch das Verhalten der Rotorwelle bei hohen Drehzahlen, wie sie insbesondere bei Turbomolekularpumpen auftreten, verbessert werden kann. Durch die mittels des thermischen Fügeverfahrens realisierten mechanischen Verbindungen zwischen den Rotorscheiben und der Rotorwelle werden die Rotorwelle und die Rotorscheiben dauerhaft und unlösbar zu einem Stück zusammengefügt. Die erfindungsgemäße Rotoranordnung weist somit zumindest im Wesentlichen die gleichen Eigenschaften, insbesondere bezüglich der internen Spannungsverhältnisse, wie eine monolithisch

hergestellte Rotoranordnung auf. Dabei können bei der erfindungsgemäßen Rotoranordnung die Rotorscheiben einzeln gefertigt sein, was gegenüber der Fertigung einer monolithischen Rotoranordnung vom Zeit- und Fertigungsaufwand her günstiger ist.

[0015] Nach einer Ausgestaltung der Erfindung umgibt eine die Aufnahmeöffnung umrandende Innenwand der Rotorscheibe eine Außenseite der Rotorwelle und die mechanische Verbindung ist zwischen der Innenwand und der Außenseite ausgebildet. Die Innenseite der Rotorscheibe ist daher mit der den Außenumfang bildenden Außenseite der Rotorwelle mechanisch verbunden. Dies hat den Vorteil, dass die mechanische Verbindung besonders einfach mittels des thermischen Fügeverfahrens zwischen der Innenwand und der Außenseite ausgebildet werden kann, da sich die Innenwand und die Außenseite einander gegenüberstehen, wenn die Rotorscheibe auf die Rotorwelle aufgesteckt ist.

[0016] Bevorzugt ist die mechanische Verbindung über den gesamten Umfang der Rotorwelle zwischen der Außenseite und der Innenwand ausgebildet. In Umfangsrichtung der Rotorwelle gesehen ist die mechanische Verbindung somit über den vollen Umfang der Rotorwelle zwischen deren Außenseite und der Innenwand der Rotorscheibe ausgebildet. Dadurch können die Laufeigenschaften der sich drehenden Rotoranordnung verbessert werden. Insbesondere kann eine sich durch die mechanische Verbindung zwischen der Rotorscheibe und der Rotorwelle bewirkte Unwucht vermieden oder zumindest gering gehalten werden.

[0017] Die mechanische Verbindung zwischen der Innenwand und der Außenseite kann über die gesamte axiale Länge der Innenwand ausgebildet sein. Dadurch lässt sich eine besonders feste mechanische Verbindung zwischen der Rotorwelle und der Rotorscheibe bewerkstelligen, so dass auch bei sehr hohen Drehzahlen und der dadurch auf die Rotorscheibe wirkenden hohen Fliehkräfte sich die Rotorscheibe nicht von der Rotorwelle löst.

[0018] Bevorzugt ist die Rotorscheibe nicht noch - zusätzlich zu der mittels des thermischen Fügeverfahrens bewerkstelligten mechanischen Verbindung zwischen der Rotorscheibe und der Rotorwelle - auf die Rotorwelle aufgedrückt, aufgeschumpft oder aufgeklemt. Die durch Aufpressen, Aufschumpfen oder Aufkleben hervorgerufenen Materialbelastungen können daher vermieden werden.

[0019] Vorzugsweise weist die Rotorwelle wenigstens einen Abschnitt auf, dessen Außendurchmesser größer als der Außendurchmesser eines in axialer Richtung gesehen vorhergehenden Bereichs der Rotorwelle und kleiner als der Außendurchmesser eines in axialer Richtung gesehen nachfolgenden Bereichs der Rotorwelle ist, wobei wenigstens eine Rotorscheibe auf den Abschnitt aufgesteckt ist. Die Rotorwelle kann somit in Art einer gestuften Rotorwelle ausgestaltet sein, die in ihrer Längserstreckung gesehen Bereiche bzw. Abschnitte mit unterschiedlichen Außendurchmessern aufweist. Dabei

kann wenigstens eine und bevorzugt genau eine Rotorscheibe auf den Abschnitt aufgesteckt sein. Wenn mehr als eine Rotorscheibe, z.B. zwei oder drei Rotorscheiben, auf den Abschnitt aufgesteckt sind, dann handelt es sich in der Regel um verhältnismäßig dünne bzw. flache Rotorscheiben. Die mehreren Rotorscheiben können in einem Fügevorgang mit der Rotorwelle verbunden werden.

[0020] Bevorzugt schließt sich der vorhergehende Bereich in axialer Richtung gesehen unmittelbar an den Abschnitt an. Entsprechendes gilt für den nachfolgenden Bereich. Der Übergang vom vorhergehenden Bereich in den Abschnitt und vom Abschnitt in den nachfolgenden Bereich verläuft somit bevorzugt abrupt.

[0021] Vorzugsweise entspricht die axiale Länge des Abschnitts der Rotorwelle zumindest im Wesentlichen der axialen Länge mindestens einer Rotorscheibe. Bevorzugt entspricht die axiale Länge des Abschnitts der Rotorwelle zumindest im Wesentlichen der axialen Länge der aufgesteckten Rotorscheibe. An den nachfolgenden Bereich kann sich in axialer Richtung gesehen ein weiterer Abschnitt der Rotorwelle anschließen, dessen Außendurchmesser größer ist als der Außendurchmesser des nachfolgenden Bereichs und auf den wiederum wenigstens eine Rotorscheibe aufgesteckt sein kann. Dabei ist bevorzugt die axiale Länge des nachfolgenden Bereichs so gewählt, dass sich ein gewünschter Abstand zwischen der auf den Abschnitt und der auf den weiteren Abschnitt aufgesteckten Rotorscheibe ergibt.

[0022] Hierin wird auch eine nicht erfindungsgemäße Rotoranordnung für eine Vakuumpumpe beschrieben, insbesondere für eine Turbomolekularpumpe, mit zwei oder mehr Rotorscheiben, die bezüglich einer Rotationsachse ausgerichtet und in Richtung der Rotationsachse gesehen hintereinander angeordnet sind, wobei zwischen benachbarten Rotorscheiben eine mechanische Verbindung ausgebildet ist, die unmittelbar zwischen den benachbarten Rotorscheiben mittels eines thermischen Fügeverfahrens realisiert ist.

[0023] Bei der Rotoranordnung sind benachbarte Rotorscheiben mittels des thermischen Fügeverfahrens daher direkt mechanisch miteinander verbunden. Dies hat den Vorteil, dass die aneinandergereihten Rotorscheiben selbst die Rotorwelle ausbilden können.

[0024] Bei dem thermischen Fügeverfahren handelt es sich bevorzugt um ein Schweißverfahren, wie etwa Laserschweißen, Elektronenstrahlschweißen, Reibschweißen, Reibrührschweißen oder um eine Kombination aus den genannten Schweißverfahren, oder um ein Lötverfahren.

[0025] Durch das mechanische Verbinden der Rotorscheiben mittels des thermischen Fügeverfahrens können die Rotorscheiben einzeln gefertigt und anschließend zu einem Stück zusammengefügt werden, so dass die daraus gebildete Rotoranordnung im Wesentlichen die gleichen Eigenschaften wie eine monolithische Rotoranordnung aufweist, wenngleich sich die erfindungsgemäße Rotoranordnung mit geringerem Aufwand im

Vergleich zu einer monolithischen Rotoranordnung herstellen lässt.

[0026] Nicht erfindungsgemäß weist jede Rotorscheibe einen Scheibenkörper auf, an welchem bezogen auf die Rotationsachse nach radial außen wegstehende Rotorblätter angeordnet sind, und die mechanische Verbindung ist unmittelbar zwischen den Scheibenkörpern benachbarter Rotorscheiben ausgebildet. Die Scheibenkörper benachbarter Rotorscheiben sind somit mittels des thermischen Fügeverfahrens direkt miteinander verbunden. Dadurch kann auf einfache Weise eine dauerhafte Verbindung zwischen den Rotorscheiben erreicht werden, die die Rotorscheiben auch bei hohen Drehzahlen sicher zusammenhält.

[0027] Nicht erfindungsgemäß sind die Rotorscheiben derart hintereinander angeordnet, dass eine Unterseite des Scheibenkörpers einer Rotorscheibe einer Oberseite des Scheibenkörpers einer benachbarten Rotorscheibe gegenübersteht, und die mechanische Verbindung ist unmittelbar zwischen der Unterseite der einen Rotorscheibe und der Oberseite der anderen Rotorscheibe ausgebildet. Dadurch kann auf einfache Weise eine unmittelbare mechanische Verbindung zwischen benachbarten Rotorscheiben bewerkstelligt werden.

[0028] Nicht erfindungsgemäß ist an der Unterseite des Scheibenkörpers jeder Rotorscheibe eine Aufnahmeöffnung und an der Oberseite des Scheibenkörpers jeder Rotorscheibe ist ein komplementär zur Aufnahmeöffnung ausgebildeter Aufsatz ausgebildet, wobei der Aufsatz des Scheibenkörpers einer Rotorscheibe, insbesondere unter Ausbildung einer Steckverbindung, in die Aufnahmeöffnung des Scheibenkörpers der benachbarten Rotorscheibe eingesteckt ist. Benachbarte Rotorscheiben lassen sich somit auf einfache Weise durch Zusammenstecken untereinander verbinden. Insbesondere nach dem Zusammenstecken können die Rotorscheiben mittels des thermischen Fügeverfahrens dann mechanisch dauerhaft miteinander verbunden werden.

[0029] Nicht erfindungsgemäß weist der Aufsatz einen Außendurchmesser auf, der relativ zum Innendurchmesser der Aufnahmeöffnung in Art einer Übermaßpassung ausgebildet ist. Dadurch kann erreicht werden, dass zusammengesteckte Rotorscheiben bereits durch die zwischen der Aufnahmeöffnung und dem Aufsatz realisierte Steckverbindung fest miteinander verbunden sind, was z.B. auch für das thermische Zusammenfügen der Rotorscheiben vorteilhaft ist.

[0030] Die Aufnahmeöffnung und der Aufsatz zentrisch können zur Rotationsachse an der Unterseite bzw. Oberseite des jeweiligen Scheibenkörpers angeordnet sein. Dadurch lässt sich auf eine einfache Weise eine Zentrierung der Scheiben zueinander mit Bezug auf die Dreh- bzw. Rotationsachse erreichen.

[0031] Die Erfindung betrifft auch eine Turbomolekularpumpe mit einer erfindungsgemäßen Rotoranordnung, eine mit der Rotoranordnung zusammenwirkende Statoranordnung, und einem Antrieb zum rotierenden Antreiben der Rotoranordnung.

[0032] Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Herstellung einer Rotoranordnung für eine Turbomolekularpumpe, bei dem eine Rotorscheibe mit einer zentralen Aufnahmeöffnung zur Aufnahme einer Rotorwelle auf der Rotorwelle angeordnet und zwischen der Rotorscheibe und der Rotorwelle eine mechanische Verbindung ausgebildet wird, wobei die mechanische Verbindung mittels eines thermischen Fügeverfahrens realisiert wird, wobei es sich bei dem Fügeverfahren um ein Schweißverfahren, insbesondere um Laserschweißen, Elektronenstrahlschweißen, Reibschweißen, Reibrührschweißen oder um eine Kombination aus den genannten Schweißverfahren, oder um ein Lötverfahren handelt.

[0033] Bevorzugt umgibt eine die Aufnahmeöffnung umrandende Innenwand der auf die Rotorwelle aufgesteckten Rotorscheibe eine Außenseite der Rotorwelle und die mechanische Verbindung wird zwischen der Innenwand der Rotorscheibe und der Außenseite der Rotorwelle ausgebildet. Die mechanische Verbindung wird vorzugsweise über den gesamten Umfang der Rotorwelle gesehen zwischen der Außenseite der Rotorwelle und der Innenwand der Rotorscheibe ausgebildet. Vorzugsweise wird die mechanische Verbindung auch über die gesamte axiale Länge der Innenwand zwischen der Innenwand der Rotorscheibe und der Außenseite der Rotorwelle ausgebildet.

[0034] Die Rotorscheibe wird insbesondere nicht auf die Rotorwelle aufgedrückt, aufgeschraubt oder aufgeklemmt.

[0035] Nach einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird eine Rotorwelle bereitgestellt, die wenigstens einen Abschnitt aufweist, dessen Außendurchmesser größer als der Außendurchmesser eines in axialer Richtung gesehen vorhergehenden Bereichs der Rotorwelle und kleiner als der Außendurchmesser eines in axialer Richtung gesehen nachfolgenden Bereichs der Rotorwelle ist, und die Rotorscheibe wird auf den Abschnitt aufgesteckt und die mechanische Verbindung wird zwischen dem Abschnitt und der Rotorscheibe mittels des thermischen Fügeverfahrens hergestellt.

[0036] Hierin wird auch ein nicht erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung einer Rotoranordnung für eine Turbomolekularpumpe mit zwei oder mehr Rotorscheiben beschrieben, die bezüglich einer Rotationsachse ausgerichtet und in Richtung der Rotationsachse gesehen hintereinander angeordnet werden, wobei zwischen benachbarten Rotorscheiben eine mechanische Verbindung ausgebildet wird, wobei die mechanische Verbindung unmittelbar zwischen den benachbarten Rotorscheiben mittels eines thermischen Fügeverfahrens realisiert wird.

[0037] Es können Rotorscheiben bereitgestellt werden, die jeweils einen Scheibenkörper aufweisen, an welchem bezogen auf die Rotationsachse nach radial außen wegstehende Rotorblätter angeordnet sind, und die mechanische Verbindung wird unmittelbar zwischen den Scheibenkörpern benachbarter Rotorscheiben ausgebil-

det.

[0038] Die Rotorscheiben werden insbesondere derart hintereinander angeordnet, dass eine Unterseite des Scheibenkörpers einer Rotorscheibe einer Oberseite des Scheibenkörpers einer benachbarten Rotorscheibe gegenübersteht, und die mechanische Verbindung wird unmittelbar zwischen der Unterseite der einen Rotorscheibe und der Oberseite der anderen, benachbarten Rotorscheibe ausgebildet.

[0039] Bei dem nicht erfindungsgemäßen Verfahren kann an der Unterseite des Scheibenkörpers jeder Rotorscheibe eine Aufnahmeöffnung ausgebildet sein und an der Oberseite des Scheibenkörpers jeder Rotorscheibe ist ein komplementär zur Aufnahmeöffnung ausgebildeter Aufsatz ausgebildet, wobei der Aufsatz des Scheibenkörpers einer Rotorscheibe in die Aufnahmeöffnung des Scheibenkörpers der benachbarten Rotorscheibe eingesteckt wird, insbesondere unter Ausbildung einer Steckverbindung zwischen den beiden Rotorscheiben.

[0040] Bei dem in den Verfahren zum Einsatz kommenden Fügeverfahren handelt es sich insbesondere um ein Schweißverfahren, insbesondere um Laserschweißen, Elektronenstrahlschweißen, Reibschweißen, Reibrührschweißen oder um eine Kombination aus den genannten Schweißverfahren, oder um ein Lötverfahren.

[0041] Die Rotorscheiben können, insbesondere einzeln, mittels Laser gefertigt sein, insbesondere mittels Laserablation und/oder mittels Laserschneiden.

[0042] Es wird auch eine Rotoranordnung für eine Vakuumpumpe, insbesondere für eine Turbomolekularpumpe, mit einer Rotorwelle und wenigstens einer Rotorscheibe beschrieben, wobei die Rotorscheibe eine zentrale Aufnahmeöffnung zur Aufnahme der Rotorwelle aufweist, wobei die Rotorscheibe auf der Rotorwelle angeordnet ist und zwischen der Rotorscheibe und der Rotorwelle eine mechanische Verbindung ausgebildet ist, wobei die mechanische Verbindung mittels Kleben realisiert ist. Zur Herstellung der mechanischen Verbindung kann somit ein Klebstoff verwendet werden.

[0043] Es wird auch eine Rotoranordnung für eine Vakuumpumpe, insbesondere für eine Turbomolekularpumpe, mit zwei oder mehr Rotorscheiben beschrieben, wobei die Rotorscheiben bezüglich einer Rotationsachse ausgerichtet und in Richtung der Rotationsachse gesehen hintereinander angeordnet sind, wobei zwischen benachbarten Rotorscheiben eine mechanische Verbindung ausgebildet ist, wobei die mechanische Verbindung unmittelbar zwischen den benachbarten Rotorscheiben mittels Kleben realisiert ist.

[0044] Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand vorteilhafter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine Vakuumpumpe gemäß einer Ausführungsform der Erfindung im Querschnitt,

Fig. 2 eine schematische Querschnittsdarstellung ei-

ner Variante einer erfindungsgemäßen Rotoranordnung, und

Fig. 3 eine schematische Querschnittsdarstellung einer Variante einer nicht erfindungsgemäßen Rotoranordnung.

[0045] Die in Fig. 1 gezeigte Vakuumpumpe umfasst einen von einem Einlassflansch 11 umgebenen Pumpeneinlass 10 und einen Pumpenauslass 12 sowie mehrere Prozessgaspumpstufen zur Förderung des an dem Pumpeneinlass 10 anstehenden Prozessgases zu dem Pumpenauslass 12. Die Vakuumpumpe umfasst ein Gehäuse 64 und einen in dem Gehäuse 64 angeordneten Rotor 16 mit einer um die Rotationsachse 14 drehbar gelagerten Rotorwelle 15.

[0046] Die Pumpe ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel als Turbomolekularpumpe ausgebildet und umfasst mehrere pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete turbomolekulare Pumpstufen mit mehreren an der Rotorwelle 15 befestigten radialen Rotorscheiben 66 und zwischen den Rotorscheiben 66 angeordneten und in dem Gehäuse 64 festgelegten Statorscheiben 68, wobei eine Rotorscheibe 66 und eine benachbarte Statorscheibe 68 jeweils eine turbomolekulare Pumpstufe bilden. Die Statorscheiben 68 sind durch Abstandsringe 70 in einem gewünschten axialen Abstand zueinander gehalten.

[0047] Die Vakuumpumpe umfasst außerdem vier in radialer Richtung ineinander angeordnete und pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete Holweckpumpstufen. Der Rotor der Holweckpumpstufen umfasst eine mit der Rotorwelle 15 einteilig ausgebildete Rotornabe 72 und zwei an der Rotornabe 72 befestigte und von dieser getragene zylindermantelförmige Holweckrotorhülsen 74, 76, die koaxial zur Rotationsachse 14 orientiert und in radialer Richtung ineinander geschachtelt sind. Ferner sind zwei zylindermantelförmige Holweckstatorhülsen 78, 80 vorgesehen, die ebenfalls koaxial zu der Rotationsachse 14 orientiert und in radialer Richtung ineinander geschachtelt sind. Eine dritte Holweckstatorhülse ist durch einen Aufnahmeabschnitt 132 des Gehäuses 64 gebildet, der zur Aufnahme und Festlegung des Antriebsmotors 20 dient.

[0048] Die pumpaktiven Oberflächen der Holweckpumpstufen sind durch die Mantelflächen, d.h. die radialen Innen- und Außenflächen, der Holweckrotorhülsen 74, 76, der Holweckstatorhülsen 78, 80 und des Aufnahmeabschnitts 132 gebildet. Die radiale Innenfläche der äußeren Holweckstatorhülse 78 liegt der radialen Außenfläche der äußeren Holweckrotorhülse 74 unter Ausbildung eines radialen Holweckspalts 82 gegenüber und bildet mit dieser die erste Holweckpumpstufe. Die radiale Innenfläche der äußeren Holweckrotorhülse 74 steht der radialen Außenfläche der inneren Holweckstatorhülse 80 unter Ausbildung eines radialen Holweckspalts 84 gegenüber und bildet mit dieser die zweite Holweckpumpstufe. Die radiale Innenfläche der inneren Holwecksta-

torhülse 80 liegt der radialen Außenfläche der inneren Holweckrotorhülse 76 unter Ausbildung eines radialen Holweckspalts 86 gegenüber und bildet mit dieser die dritte Holweckpumpstufe. Die radiale Innenfläche der inneren Holweckrotorhülse 76 liegt der radialen Außenfläche des Aufnahmeabschnitts 132 unter Ausbildung eines radialen Holweckspalts 87 gegenüber und bildet mit dieser die vierte Holweckpumpstufe.

[0049] Die vorstehend genannten pumpaktiven Oberflächen der Holweckstatorhülsen 78, 80 und des Aufnahmeabschnitts 132 weisen jeweils mehrere spiralförmig um die Rotationsachse 14 herum in axialer Richtung verlaufende Holwecknuten auf, während die gegenüberliegenden Mantelflächen der Holweckrotorhülsen 74, 76 glatt ausgebildet sind und das Gas im Betrieb der Vakuumpumpe in den Holwecknuten vorantreiben.

[0050] Zur drehbaren Lagerung der Rotorwelle 15 sind ein Wälzlager 88 im Bereich des Pumpenauslasses 12 und ein Permanentmagnetlager 90 im Bereich des Pumpeneinlasses 10 vorgesehen.

[0051] Im Bereich des Wälzlagers 88 ist an der Rotorwelle 15 eine konische Spritzmutter 92 mit einem zu dem Wälzlager 88 hin zunehmenden Außendurchmesser vorgesehen. Die Spritzmutter 92 steht mit zumindest einem Abstreifer eines Betriebsmittelspeichers in gleitendem Kontakt. Der Betriebsmittelspeicher umfasst mehrere aufeinander gestapelte saugfähige Scheiben 94, die mit einem Betriebsmittel für das Wälzlager 88, zum Beispiel mit einem Schmiermittel, getränkt sind. Im Betrieb der Vakuumpumpe wird das Betriebsmittel durch kapillare Wirkung von dem Betriebsmittelspeicher über den Abstreifer auf die rotierende Spritzmutter 92 übertragen und infolge der Zentrifugalkraft entlang der Spritzmutter 92 in Richtung des größer werdenden Außendurchmessers der Spritzmutter 92 zu dem Wälzlager 88 hin gefördert, wo es z.B. eine schmierende Funktion erfüllt. Das Wälzlager 88 und der Betriebsmittelspeicher sind durch einen wannenförmigen Einsatz 96 und ein Deckelelement 98 der Vakuumpumpe eingefasst.

[0052] Das Permanentmagnetlager umfasst eine rotorseitige Lagerhälfte 100 und eine statorseitige Lagerhälfte 102, welche jeweils einen Ringstapel aus mehreren in axialer Richtung aufeinander gestapelten permanentmagnetischen Ringen 104 bzw. 106 umfassen. Die Magnetringe 104, 106 liegen einander unter Ausbildung eines radialen Lagerspalts 108 gegenüber, wobei die rotorseitigen Magnetringe 104 radial außen und die statorseitigen Magnetringe 106 radial innen angeordnet sind. Das in dem Lagerspalt 108 vorhandene magnetische Feld ruft magnetische Abstoßungskräfte zwischen den Magnetringen 104, 106 hervor, welche eine radiale Lagerung der Rotorwelle 15 bewirken.

[0053] Die rotorseitigen Magnetringe 104 sind von einem Trägerabschnitt 110 der Rotorwelle getragen, welcher die Magnetringe 104 radial außenseitig umgibt. Die statorseitigen Magnetringe sind von einem statorseitigen Trägerabschnitt 112 getragen, welcher sich durch die Magnetringe 106 hindurch erstreckt und an radialen Stre-

ben 114 des Gehäuses 64 aufgehängt ist. Parallel zu der Rotationsachse 14 sind die rotorseitigen Magnetringe 104 in der einen Richtung durch ein mit dem Trägerabschnitt 110 gekoppeltes Deckelelement 116 und in der anderen Richtung durch einen radial vorstehenden Schulterabschnitt des Trägerabschnitts 110 festgelegt. Die statorseitigen Magnetringe 106 sind parallel zu der Rotationsachse 14 in der einen Richtung durch einen mit dem Trägerabschnitt 112 verbundenen Befestigungsring 118 und ein zwischen dem Befestigungsring 118 und den Magnetringen 106 angeordnetes Ausgleichselement 120 und in der anderen Richtung durch einen mit dem Trägerabschnitt 112 verbundenen Stützring 122 festgelegt.

[0054] Innerhalb des Magnetlagers ist ein Not- bzw. Fanglager 124 vorgesehen, welches im normalen Betrieb der Vakuumpumpe ohne Berührung leer läuft und erst bei einer übermäßigen radialen Auslenkung des Rotors 16 relativ zu den Stator in Eingriff gelangt, um einen radialen Anschlag für den Rotor 16 zu bilden, der eine Kollision der rotorseitigen Strukturen mit den statorseitigen Strukturen verhindert. Das Fanglager 124 ist als ungeschmiertes Wälzlager ausgebildet und bildet mit dem Rotor 16 und/oder dem Stator einen radialen Spalt, welcher bewirkt, dass das Fanglager 124 im normalen Pumpbetrieb außer Eingriff ist. Die radiale Auslenkung, bei der das Fanglager 124 in Eingriff gelangt, ist groß genug bemessen, so dass das Fanglager 124 im normalen Betrieb der Vakuumpumpe nicht in Eingriff gelangt, und gleichzeitig klein genug, so dass eine Kollision der rotorseitigen Strukturen mit den statorseitigen Strukturen unter allen Umständen verhindert wird.

[0055] Die Vakuumpumpe umfasst einen Antriebsmotor 20 zum drehenden Antreiben des Rotors 16. Der Antriebsmotor 20 umfasst einen Motorstator 22 mit einem Kern 38 und mit ein oder mehreren in Fig. 1 nur schematisch dargestellten Spulen 42, die in an der radialen Innenseite des Kerns 38 vorgesehenen Nuten des Kerns 38 festgelegt sind.

[0056] Der Anker des Antriebsmotors 20 ist durch den Rotor 16 gebildet, dessen Rotorwelle 15 sich durch den Motorstator 22 hindurch erstreckt. Auf dem sich durch den Motorstator 22 hindurch erstreckenden Abschnitt der Rotorwelle 15 ist radial außenseitig eine Permanentmagnetanordnung 128 festgelegt. Zwischen dem Motorstator 22 und dem sich durch den Motorstator 22 hindurch erstreckenden Abschnitt des Rotors 16 ist ein Zwischenraum 24 angeordnet, welcher einen radialen Motorspalt umfasst, über den sich der Motorstator 22 und die Permanentmagnetanordnung 128 zur Übertragung des Antriebsmoments magnetisch beeinflussen.

[0057] Die Permanentmagnetanordnung 128 ist in axialer Richtung durch eine auf die Rotorwelle 15 aufgesteckte Befestigungshülse 126 an der Rotorwelle 15 fixiert. Eine Kapselung 130 umgibt die Permanentmagnetanordnung 128 an deren radialer Außenseite und dichtet diese gegenüber dem Zwischenraum 24 ab.

[0058] Der Motorstator 22 ist in dem Gehäuse 64 durch

einen gehäusefesten Aufnahmeabschnitt 132 festgelegt, welcher den Motorstator 22 radial außenseitig umgibt und den Motorstator 22 in radialer und axialer Richtung abstützt. Der Aufnahmeabschnitt 132 begrenzt gemeinsam mit der Rotornabe 72 einen Motorraum 18, in dem der Antriebsmotor 20 aufgenommen ist.

[0059] Der Motorraum 18 weist einen auf der einen Seite des Zwischenraums 24 angeordneten und mit der innenliegenden, vierten Holweckpumpstufe gasleitend verbundenen Einlass 28 und einen auf der gegenüberliegenden Seite des Zwischenraums 24 angeordneten und mit dem Pumpenauslass 12 gasleitend verbundenen Auslass 30 auf.

[0060] Der Kern 38 des Motorstators 22 weist an seiner radialen Außenseite in dem in Fig. 1 links gezeigten Bereich eine Aussparung 34 auf, die gemeinsam mit dem benachbarten Bereich des Aufnahmeabschnitts 132 einen Kanal 32 bildet, durch den das in den Motorraum 18 geförderte Prozessgas an dem Zwischenraum 24 vorbei von dem Einlass 28 zu dem Auslass 30 förderbar ist.

[0061] Der Gasweg, auf dem das Prozessgas von dem Pumpeneinlass 10 zu dem Pumpenauslass 12 gelangt, ist in Fig. 1 durch Pfeile 26 veranschaulicht. Das Prozessgas wird ausgehend von dem Pumpeneinlass 10 zuerst der Reihe nach durch die turbomolekularen Pumpstufen und anschließend der Reihe nach durch die vier Holweckpumpstufen gefördert. Das aus der vierten Holweckpumpstufe austretende Gas gelangt in den Motorraum 18 und wird von dem Einlass 28 des Motorraums 18 durch den Kanal 32 hindurch zu dem Auslass 30 des Motorraums 18 und dem Pumpenauslass 12 gefördert.

[0062] Bei der Vakuumpumpe der Fig. 1 bildet der Rotor 16 eine Rotoranordnung umfassend die Rotorwelle 15 und die an der Rotorwelle 15 angeordneten Rotorscheiben 66. Der Rotor 16 kann dabei eine erfindungsgemäße Rotoranordnung darstellen, bei der die mechanische Verbindung zwischen der Rotorwelle 15 und jeder Rotorscheibe 66 mittels eines thermischen Fügeverfahrens realisiert ist. Insbesondere kann jede Rotorscheibe 66 mit der Rotorwelle 15 verschweißt sein, zum Beispiel mittels Laserschweißen, Elektronenstrahlschweißen, Reibschweißen, Reibrührschweißen oder einer Kombination aus den genannten Schweißverfahren. Alternativ kann jede Rotorscheibe 66 mit der Rotorwelle 15 verlötet sein.

[0063] In Fig. 2 ist eine Variante einer erfindungsgemäßen Rotoranordnung dargestellt, die eine gestufte Rotorwelle 15 und mehrere Rotorscheiben 66 umfasst. Jede Rotorscheibe 66 weist einen Ringkörper 134 auf, der eine zentrale Aufnahmeöffnung zur Aufnahme der Rotorwelle 15 aufweist und an dessen Außenumfang in Umfangsrichtung gesehen versetzt zueinander angeordnete Rotorblätter 136 angeordnet sind.

[0064] Der Ringkörper 134 jeder Rotorscheibe 66 weist eine bezogen auf die Rotationsachse 14 radial innenliegende und die Aufnahmeöffnung umrandende Innenwand 138 auf, die bei auf der Rotorwelle 15 aufgesteckter Rotorscheibe 66 der Außenseite der Rotorwelle

15 gegenüberliegt, wie Fig. 2 zeigt. Die mechanische Verbindung zwischen der jeweiligen Rotorscheibe 66 und der Rotorwelle 15 wird dadurch bewerkstelligt, dass die Innenwand 138 der jeweiligen Rotorscheibe 66 mittels des thermischen Fügeverfahrens mit der Außenseite der Rotorwelle 15 mechanisch verbunden wird. Dabei ist die mechanische Verbindung über den gesamten Umfang der Rotorwelle 15 zwischen der Außenseite und der Innenwand 138 und über die gesamte axiale Länge der Innenwand 138 der jeweiligen Rotorscheibe 66 ausgebildet. Die axiale Länge bezieht sich dabei auf die Längserstreckung der Innenwand 138 bezüglich der Rotationsachse 14.

[0065] Durch das thermische Zusammenfügen jeder Rotorscheibe 66 mit der Rotorwelle 15 können die Rotorscheiben 66 dauerhaft und fest mit der Rotorwelle 15 verbunden werden. Die Rotorscheiben 66 müssen daher nicht zusätzlich auf die Rotorwelle 15 aufgepresst, aufgeschraubt oder aufgeklemmt werden. Bevorzugt sind daher der Innendurchmesser der Aufnahmeöffnung jeder Rotorscheibe 66 und der Außendurchmesser des jeweiligen Abschnitts der Rotorwelle 15, auf den die jeweilige Rotorscheibe 66 aufgesteckt wird, in Art einer Übergangspassung oder einer leichten Presspassung relativ zueinander dimensioniert.

[0066] Bei der Rotoranordnung der Fig. 2 ist die Rotorwelle 15 als gestufte Rotorwelle ausgebildet. Die Rotorwelle 15 umfasst einen ersten Abschnitt 140, einen zweiten Abschnitt 142, und einen dritten Abschnitt 144. In Richtung der Rotationsachse 14 gesehen befindet sich vor dem ersten Abschnitt 140 ein erster Bereich 146 der Rotorwelle 15. Zwischen dem ersten Abschnitt 140 und dem zweiten Abschnitt 142 befindet sich ein zweiter Bereich 148 der Rotorwelle 15. Zwischen dem zweiten Abschnitt 142 und dem dritten Abschnitt 144 befindet sich ein dritter Bereich 150 der Rotorwelle 15 und in axialer Richtung gesehen hinter dem dritten Abschnitt 144 befindet sich ein vierter Bereich 152 der Rotorwelle 15. Wie in Fig. 2 gezeigt ist, wird bei der Rotorwelle 15 die Stufen- bzw. Treppenform dadurch erreicht, dass der Außendurchmesser in axialer Richtung gesehen von Abschnitt zu Abschnitt bzw. von Bereich zu Bereich zunimmt.

[0067] Bei der Herstellung der Rotoranordnung der Fig. 2 wird zuerst auf den dritten Abschnitt 144 diejenige Rotorscheibe 66 aufgesteckt, deren zentrale Aufnahmeöffnung einen Innendurchmesser aufweist, welcher an den Außendurchmesser des dritten Abschnitts 144, insbesondere in Art einer Übergangspassung oder einer leichten Presspassung, angepasst ist. Anschließend wird zwischen der Innenwand 138 der Rotorscheibe 66 und der Außenseite des dritten Abschnitts 144 mittels eines thermischen Fügeverfahrens die mechanische Verbindung 154 ausgebildet.

[0068] Beim Aufstecken der Scheibe 66 auf den dritten Abschnitt 144 wirkt eine in radialer Richtung verlaufende ringförmige Wand 156, die den Übergang zwischen der Außenseite des dritten Abschnitts 144 und der Außenseite des vierten Bereichs 152 bildet, als Anschlag für

die Rotorscheibe 66. Dabei kann es auch vorgesehen sein, dass eine mechanische Verbindung mittels eines thermischen Fügeverfahrens zwischen dem Ringkörper 134 und der ringförmigen Wand 156 ausgebildet wird.

[0069] Nachdem die Rotorscheibe 66 mit dem dritten Abschnitt 144 mechanisch verbunden wurde, wird in der entsprechenden Weise die Rotorscheibe 66, deren Aufnahmeöffnung einen Innendurchmesser aufweist, der an den Außendurchmesser des zweiten Abschnitts 142, insbesondere in Art einer Übergangspassung oder einer leichten Presspassung, angepasst ist, auf den zweiten Abschnitt 142 aufgesteckt. Dabei wird wiederum eine mechanische Verbindung 154 zwischen der Innenwand 138 der Rotorscheibe 66 und der Außenseite des zweiten Abschnitts 142 mittels des thermischen Fügeverfahrens ausgebildet. Ferner kann zusätzlich eine mechanische Verbindung mittels des thermischen Fügeverfahrens zwischen der ringförmigen Wand 158 und dem Ringkörper 134 der Rotorscheibe 66 ausgebildet werden. Die ringförmige Wand 158 verläuft dabei in radialer Richtung gesehen zwischen der Außenseite des zweiten Abschnitts 142 und der Außenseite des dritten Bereichs 150 und dient beim Aufstecken der Rotorscheibe 66 auf den zweiten Abschnitt 142 als Anschlag.

[0070] In der entsprechenden Weise wie vorstehend beschrieben wurde, wird die Rotorscheibe 66, deren Aufnahmeöffnung einen Innendurchmesser aufweist, der, insbesondere in Art einer Übergangspassung oder einer leichten Presspassung, an den Außendurchmesser des ersten Abschnitts 140 angepasst ist, auf den ersten Abschnitt 140 aufgesteckt und mittels des thermischen Fügeverfahrens wird die mechanische Verbindung 154 zwischen der Innenwand 138 und der Außenseite des ersten Abschnitts 140 ausgebildet. Zusätzlich kann zwischen der ringförmigen Wand 160 und der Rotorscheibe 66 ebenfalls eine mechanische Verbindung mittels des thermischen Fügeverfahrens realisiert werden. Die ringförmige Wand 160 erstreckt sich dabei in radialer Richtung gesehen zwischen der Außenseite des ersten Abschnitts 140 und der Außenseite des zweiten Bereichs 148.

[0071] Die axiale Länge des jeweiligen Abschnitts 140, 142, 144 ist an die axiale Länge der jeweiligen Rotorscheibe 66 bzw. an die axiale Länge der Innenwand 138 der jeweiligen Rotorscheibe 66 angepasst. Außerdem entspricht die axiale Länge des Bereichs 150 dem vorgesehenen Abstand zwischen den Rotorscheiben 66, die auf den zweiten und dritten Abschnitt 142, 144 aufgesteckt sind. In der entsprechenden Weise entspricht die axiale Länge des zweiten Bereichs 148 dem gewünschten Abstand zwischen den Rotorscheiben 66, die auf den ersten und zweiten Abschnitt 140, 142 aufgesteckt sind.

[0072] Bei der Rotoranordnung der Fig. 2 sind die mechanischen Verbindungen 154 zwischen der Rotorwelle 15 und der jeweiligen Rotorscheibe 66 mittels des thermischen Fügeverfahrens realisiert. Dadurch werden die Rotorscheiben 66 dauerhaft an der Rotorwelle 15 gehalten. Aufgrund der Verwendung eines thermischen Fügeverfahrens zur Realisierung der mechanischen Verbindungen

154 weist die Rotoranordnung im wesentlichen dieselben Eigenschaften auf wie eine monolithisch hergestellte Rotoranordnung und zusätzlich den Vorteil, dass die Rotorwelle 15 und die Rotorscheiben 66 jeweils einzeln gefertigt werden können. Dabei können die Rotorscheiben 66 zum Beispiel durch Laserablation und/oder Laserschneiden hergestellt werden.

[0073] Die Anordnung von drei Rotorscheiben 66 auf der Rotorwelle 15 der Rotoranordnung der Fig. 2 ist nur als Beispiel zu sehen. Selbstverständlich kann die Rotorwelle 15 auch mehr oder weniger Stufen aufweisen, so dass mehr oder weniger Rotorscheiben auf der Rotorwelle angeordnet sein können.

[0074] Auf wenigstens einen der Abschnitte 140, 142, 144 kann auch mehr als eine Rotorscheibe aufgesteckt sein. Beispielsweise können auf einen der Abschnitte 140, 142, 144 wenigstens zwei oder drei dünne Rotorscheiben aufgesteckt sein. Die Rotorscheiben können in einem Fügevorgang an der Rotorwelle 15 festgelegt werden.

[0075] Die Fig. 3 zeigt eine weitere Variante einer erfindungsgemäßen Rotoranordnung, bei der drei Rotorscheiben 66 bezüglich der Rotationsachse 14 ausgerichtet und in Richtung der Rotationsachse 14 gesehen hintereinander angeordnet sind. Zwischen benachbarten Rotorscheiben 66 ist unmittelbar eine jeweilige mechanische Verbindung 154 mittels eines thermischen Fügeverfahrens realisiert. Bei dem Fügeverfahren handelt es sich insbesondere wiederum um ein Schweißverfahren, wie etwa Laserschweißen, Elektronenstrahlschweißen, Reibschweißen, Reibrührschweißen oder um eine Kombination aus den genannten Schweißverfahren, oder um ein Lötverfahren. Bei der Rotoranordnung der Fig. 3 sind benachbarte Rotorscheiben 66 somit direkt miteinander verschweißt oder verlötet, so dass eine direkte mechanische Schweiß- oder Lötverbindung 154 zwischen benachbarten Rotorscheiben 66 der Rotoranordnung der Fig. 3 ausgebildet ist.

[0076] Jede Rotorscheibe 66 weist einen Scheibenkörper 162 auf, an dessen radial außenliegender Außenseite bezogen auf die Rotationsachse nach radial außen weg stehende Rotorblätter 136 angeordnet sind. In Umfangsrichtung gesehen sind dabei mehrere versetzt nebeneinander angeordnete Rotorblätter 136 auf jeder Außenseite eines jeweiligen Scheibenkörpers 162 angeordnet.

[0077] Jeder Scheibenkörper 162 ist bei der dargestellten Variante massiv ausgebildet. Alternativ kann jeder Scheibenkörper 162 jedoch auch eine zentrale, insbesondere im Querschnitt kreisförmige, Durchgangsöffnung aufweisen, um eine Materialersparnis zu erreichen und um das Gewicht der Rotoranordnung zu verringern.

[0078] Jeder Scheibenkörper 162 weist eine Oberseite und eine Unterseite auf. Die Rotorscheiben 66 sind dabei derart hintereinander angeordnet, dass eine Unterseite des Scheibenkörpers 162 einer Rotorscheibe 66 einer Oberseite des Scheibenkörpers 162 der benachbarten Rotorscheibe 66 gegenübersteht. Die mechanische Ver-

bindung 154 ist zwischen der Unterseite und der Oberseite der benachbarten Rotorscheiben 66 ausgebildet. D.h. die Unterseite einer Rotorscheibe 66 ist mit der Oberseite der benachbarten Rotorscheibe 66 direkt mechanisch durch die thermische Fügeverbindung verbunden.

[0079] Zur Zentrierung der Rotorscheiben 66 in Bezug auf die Rotationsachse 14 ist an der Unterseite jedes Scheibenkörpers 162 eine Aufnahmeöffnung 164 und an jeder Oberseite ein Aufsatz 166, der auch als eine Noppe angesehen werden kann, ausgebildet. Wie Fig. 3 zeigt, ist der Aufsatz 166 einer Rotorscheibe 66 in die Aufnahmeöffnung 164 der benachbarten Rotorscheibe 66 eingesteckt.

[0080] Der Außendurchmesser des Aufsatzes 166 kann in Bezug auf den Innendurchmesser der Aufnahmeöffnung 164 in Art einer zumindest geringfügigen Übermaßpassung ausgebildet sein. Zwischen benachbarten, zusammengesteckten Rotorscheiben 66 ist somit - bezogen auf die Rotationsachse 14 in radialer Richtung gesehen - eine formschlüssige Verbindung 168 ausgebildet, die aufgrund der zumindest leichten Übermaßpassung in axialer Richtung auch einen Kraftschluss zwischen den beiden Rotorscheiben 66 bewirkt.

[0081] Die Aufnahmeöffnungen 164 und die Aufsätze 166 sind außerdem zentrisch zur Rotationsachse 14 an der Unterseite bzw. Oberseite des jeweiligen Scheibenkörpers 162 angeordnet, wodurch sich beim Zusammenstecken der Rotorscheiben 66 eine Zentrierung bezüglich der Rotationsachse 14 für die gebildete Rotoranordnung ergibt.

[0082] Die Aufnahmeöffnungen 164 und entsprechend die Aufsätze 166 weisen bevorzugt einen kreisförmigen Querschnitt auf. Allerdings sind auch andere Querschnitte, wie etwa ein quadratischer Querschnitt, möglich.

[0083] Wie die Fig. 3 zeigt, können die aneinandergereihten und mittels des thermischen Fügeverfahrens mechanisch miteinander verbundenen Rotorscheiben 66 eine Rotorwelle ausbilden. Die in Fig. 3 gezeigte Anzahl von drei Rotorscheiben 66 ist wiederum nur als Beispiel zu sehen.

Bezugszeichenliste

[0084]

10	Pumpeneinlass
11	Einlassflansch
12	Pumpenauslass
14	Rotationsachse
15	Rotorwelle
16	Rotor
18	Motorraum
20	Antriebsmotor
22	Motorstator
24	Zwischenraum
26	Pfeile, Gasweg

28	Einlass
30	Auslass
32	Kanal
34	Aussparung
5 38	Kern
42	Spule
64	Gehäuse
66	Rotorscheibe
68	Statorscheibe
10 70	Abstandsring
72	Rotornabe
74, 76	Holweckrotorhülse
78, 80	Holweckstatorhülse
82, 84, 86, 87	Holweckspalt
15 88	Wälzlager
90	Permanentmagnetlager
92	Spritzmutter
94	saugfähige Scheibe
96	wannenförmiger Einsatz
20 98	Deckelelement
100	rotorseitige Lagerhälfte
102	statorseitige Lagerhälfte
104, 106	Magnetring
108	Lagerspalt
25 110, 112	Trägerabschnitt
114	Strebe
116	Deckelelement
118	Befestigungsring
120	Ausgleichselement
30 122	Stützring
124	Fanglager
126	Befestigungshülse
128	Permanentmagnetanordnung
130	Kapselung
35 132	Aufnahmeabschnitt
134	Ringkörper
136	Rotorblätter
138	Innenwand
140	erster Abschnitt
40 142	zweiter Abschnitt
144	dritter Abschnitt
146	erster Bereich
148	zweiter Bereich
150	dritter Bereich
45 152	vierter Bereich
154	mechanische Verbindung
156	ringförmige Wand
158	ringförmige Wand
160	ringförmige Wand
50 162	Scheibenkörper
164	Aufnahmeöffnung
166	Aufsatz
168	formschlüssige Verbindung

Patentansprüche

1. Rotoranordnung für eine Turbomolekularpumpe mit

einer Rotorwelle (15) und wenigstens einer Rotorscheibe (66), die eine zentrale Aufnahmeöffnung zur Aufnahme der Rotorwelle (15) aufweist, wobei die Rotorscheibe (66) auf der Rotorwelle (15) angeordnet ist und zwischen der Rotorscheibe (66) und der Rotorwelle (15) eine mechanische Verbindung (154) ausgebildet ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

die mechanische Verbindung (154) mittels eines thermischen Fügeverfahrens realisiert ist, wobei es sich bei dem Fügeverfahren um ein Schweißverfahren, insbesondere um Laserschweißen, Elektronenstrahlschweißen, Reibschweißen, Reibrührschweißen oder um eine Kombination aus den genannten Schweißverfahren, oder um ein Lötverfahren handelt.

2. Rotoranordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine die Aufnahmeöffnung umrandende Innenwand (138) der Rotorscheibe (66) eine Außenseite der Rotorwelle (15) umgibt und die mechanische Verbindung (154) zwischen der Innenwand (138) und der Außenseite der Rotorwelle (15) ausgebildet ist.

3. Rotoranordnung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mechanische Verbindung (154) über den gesamten Umfang zwischen der Außenseite der Rotorwelle (15) und der Innenwand (138) der Rotorscheibe (66) ausgebildet ist, und/oder die mechanische Verbindung (154) über die gesamte axiale Länge der Innenwand (138) ausgebildet ist.

4. Rotoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rotorscheibe (66) nicht auf die Rotorwelle (15) aufgedrückt, aufgeschraubt oder aufgeklemmt ist.

5. Rotoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rotorwelle (15) wenigstens einen Abschnitt (140, 142, 144) aufweist, dessen Außendurchmesser größer als der Außendurchmesser eines in axialer Richtung gesehen vorhergehenden Bereichs (146, 148, 150) der Rotorwelle (15) und kleiner als der Außendurchmesser eines in axialer Richtung gesehen nachfolgenden Bereichs (148, 150, 152) der Rotorwelle (15) ist, und dass wenigstens eine Rotorscheibe (66) auf den Abschnitt (140, 142, 144) aufgesteckt ist.

6. Rotoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die axiale Länge des Abschnitts (140, 142, 144) zu-

mindest im Wesentlichen der axialen Länge mindestens einer Rotorscheibe (66) entspricht.

7. Turbomolekularpumpe mit wenigstens einer Rotoranordnung (16) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, einer mit der Rotoranordnung (16) zusammenwirkenden Statoranordnung (68), und einem Antrieb (20) zum rotierenden Antreiben der Rotoranordnung (16) gegenüber der Statoranordnung (68).
8. Verfahren zur Herstellung einer Rotoranordnung für eine Turbomolekularpumpe, insbesondere gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem eine Rotorscheibe (66) mit einer zentralen Aufnahmeöffnung zur Aufnahme einer Rotorwelle (15) auf der Rotorwelle (15) angeordnet und zwischen der Rotorscheibe (66) und der Rotorwelle (15) eine mechanische Verbindung (154) ausgebildet wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mechanische Verbindung (154) mittels eines thermischen Fügeverfahrens realisiert wird, wobei es sich bei dem Fügeverfahren um ein Schweißverfahren, insbesondere um Laserschweißen, Elektronenstrahlschweißen, Reibschweißen, Reibrührschweißen oder um eine Kombination aus den genannten Schweißverfahren, oder um ein Lötverfahren handelt.

Claims

1. A rotor arrangement for a turbomolecular pump comprising a rotor shaft (15) and at least one rotor disk (66) which has a central reception opening for receiving the rotor shaft (15), wherein the rotor disk (66) is arranged at the rotor shaft (15) and a mechanical connection (154) is formed between the rotor disk (66) and the rotor shaft (15), **characterized in that** the mechanical connection (154) is implemented by means of a thermal joining process, with the joining process being a welding process, in particular laser welding, electron beam welding, friction welding, friction stir welding or a combination of said welding processes, or a soldering process.
2. A rotor arrangement in accordance with claim 1, **characterized in that** an inner wall (138) of the rotor disk (66) bordering the reception opening surrounds an outer side of the rotor shaft (15) and the mechanical connection (154) is formed between the inner wall (138) and the outer side of the rotor shaft (15).
3. A rotor arrangement in accordance with claim 2, **characterized in that** the mechanical connection (154) is formed over the total periphery between the outer side of the rotor

shaft (15) and the inner wall (138) of the rotor disk (66); and/or

in that the mechanical connection (154) is formed over the total axial length of the inner wall (138).

4. A rotor arrangement in accordance with any one of the preceding claims,

characterized in that

the rotor disk (66) is not pressed onto, shrunk onto or clamped onto the rotor shaft (15).

5. A rotor arrangement in accordance with any one of the preceding claims,

characterized in that

the rotor shaft (15) has at least one section (140, 142, 144) whose outer diameter is larger than the outer diameter of a region (146, 148, 150) of the rotor shaft (15), which region is preceding viewed in the axial direction, and is smaller than the outer diameter of a region (148, 150, 152) of the rotor shaft (15), which region is following viewed in the axial direction; and **in that** at least one rotor disk (66) is plugged onto the section (140, 142, 144).

6. A rotor arrangement in accordance with any one of the preceding claims,

characterized in that

the axial length of the section (140, 142, 144) corresponds at least substantially to the axial length of at least one rotor disk (66).

7. A turbomolecular pump comprising at least one rotor arrangement (16) in accordance with any one of the preceding claims; a stator arrangement (68) cooperating with the rotor arrangement (16); and a drive (20) for rotatingly driving the rotor arrangement (16) with respect to the stator arrangement (68).

8. A method of manufacturing a rotor arrangement for a turbomolecular pump, in particular in accordance with any one of the claims 1 to 6, in which a rotor disk (66) having a central reception opening for receiving a rotor shaft (15) is arranged at the rotor shaft (15) and a mechanical connection (154) is formed between the rotor disk (66) and the rotor shaft (15), **characterized in that**

the mechanical connection (154) is implemented by means of a thermal joining process, with the joining process being a welding process, in particular laser welding, electron beam welding, friction welding, friction stir welding or a combination of said welding processes, or a soldering process.

Revendications

1. Ensemble de rotor pour une pompe turbomoléculaire, comprenant un arbre de rotor (15) et au moins

un disque de rotor (66) présentant une ouverture de réception centrale pour recevoir l'arbre de rotor (15), le disque de rotor (66) étant agencé sur l'arbre de rotor (15), et une liaison mécanique (154) étant réalisée entre le disque de rotor (66) et l'arbre de rotor (15),

caractérisé en ce que

la liaison mécanique (154) est réalisée par un procédé d'assemblage thermique, le procédé d'assemblage étant un procédé de soudage, en particulier un soudage laser, un soudage à faisceau d'électrons, un soudage par friction, un soudage par friction-malaxage, ou une combinaison desdits procédés de soudage, ou bien un procédé de brasage.

2. Ensemble de rotor selon la revendication 1,

caractérisé en ce que

une paroi intérieure (138) du disque de rotor (66), entourant l'ouverture de réception, entoure une face extérieure de l'arbre de rotor (15), et la liaison mécanique (154) est réalisée entre la paroi intérieure (138) et la face extérieure de l'arbre de rotor (15).

3. Ensemble de rotor selon la revendication 2,

caractérisé en ce que

la liaison mécanique (154) est réalisée sur toute la périphérie entre la face extérieure de l'arbre de rotor (15) et la paroi intérieure (138) du disque de rotor (66), et/ou

la liaison mécanique (154) est réalisée sur toute la longueur axiale de la paroi intérieure (138).

4. Ensemble de rotor selon l'une des revendications précédentes,

caractérisé en ce que

le disque de rotor (66) n'est appliqué sur l'arbre de rotor (66) ni par pressage, ni par rétraction, ni par serrage.

5. Ensemble de rotor selon l'une des revendications précédentes,

caractérisé en ce que

l'arbre de rotor (15) comprend au moins un tronçon (140, 142, 144) dont le diamètre extérieur est supérieur au diamètre extérieur d'une zone (146, 148, 150) de l'arbre de rotor (15) précédente, vue en direction axiale, et inférieur au diamètre extérieur d'une zone (148, 150, 152) de l'arbre de rotor (15) successive, vue en direction axiale, et **en ce que** au moins un disque de rotor (66) est enfiché sur ledit tronçon (140, 142, 144).

6. Ensemble de rotor selon l'une des revendications précédentes,

caractérisé en ce que

la longueur axiale du tronçon (140, 142, 144) correspond au moins sensiblement à la longueur axiale d'au moins un disque de rotor (66).

7. Pompe turbomoléculaire comportant au moins un ensemble de rotor (16) selon l'une des revendications précédentes, un ensemble de stator (68) coopérant avec l'ensemble de rotor (16), et un entraînement (20) pour entraîner en rotation de l'ensemble de rotor (16) par rapport à l'ensemble de stator (68). 5
8. Procédé de réalisation d'un ensemble de rotor, en particulier selon l'une des revendications 1 à 6, pour une pompe turbomoléculaire, 10
dans lequel
un disque de rotor (66), pourvu d'une ouverture de réception centrale destinée à recevoir un arbre de rotor (15), est agencé sur l'arbre de rotor (15), et une liaison mécanique (154) est réalisée entre le disque de rotor (66) et l'arbre de rotor (15), 15
caractérisé en ce que
la liaison mécanique (154) est réalisée par un procédé d'assemblage thermique, le procédé d'assemblage étant un procédé de soudage, en particulier 20
un soudage laser, un soudage à faisceau d'électrons, un soudage par friction, un soudage par friction-malaxage ou une combinaison desdits procédés de soudage, ou bien un procédé de brasage. 25

30

35

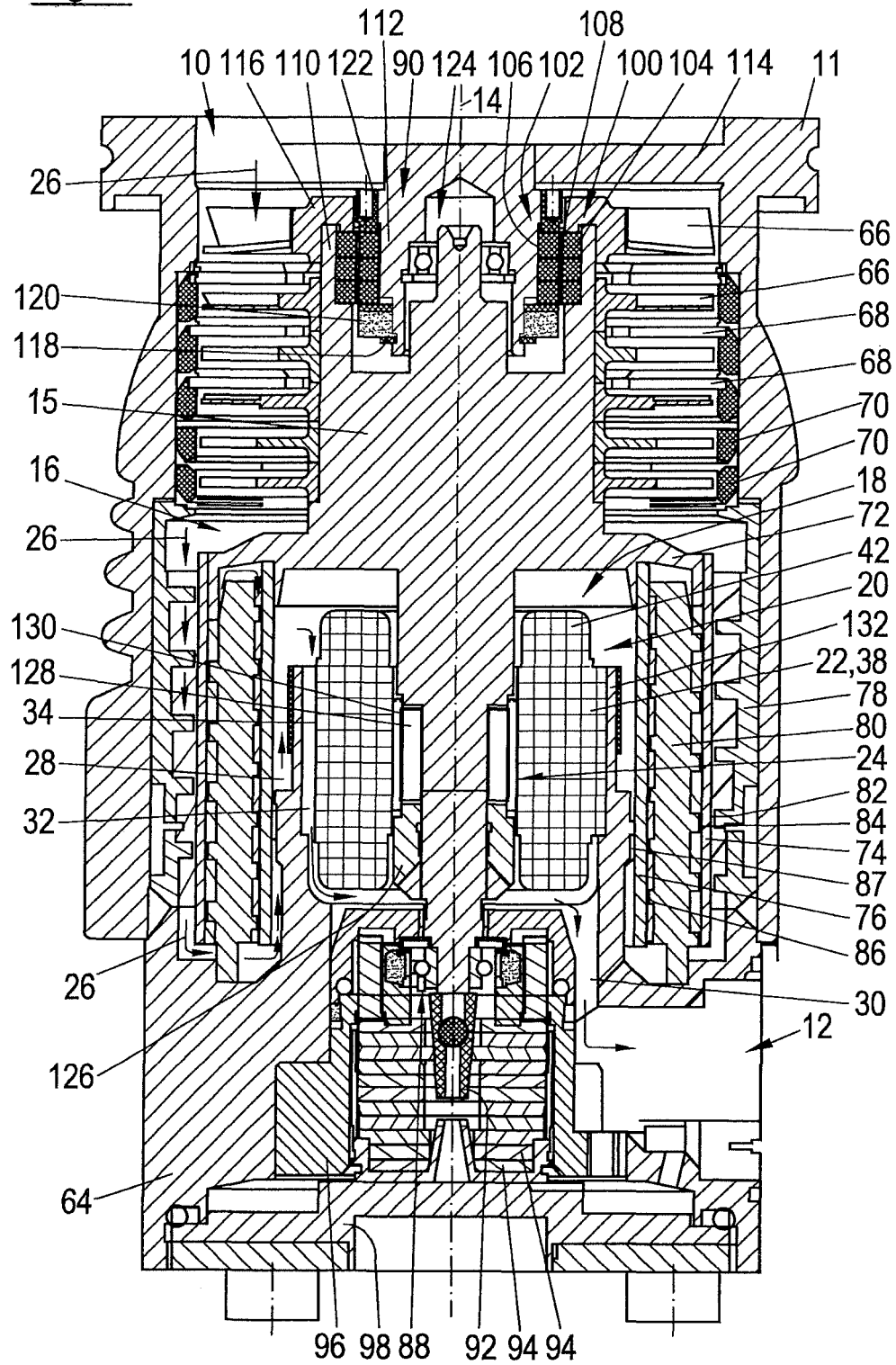
40

45

50

55

Fig. 1



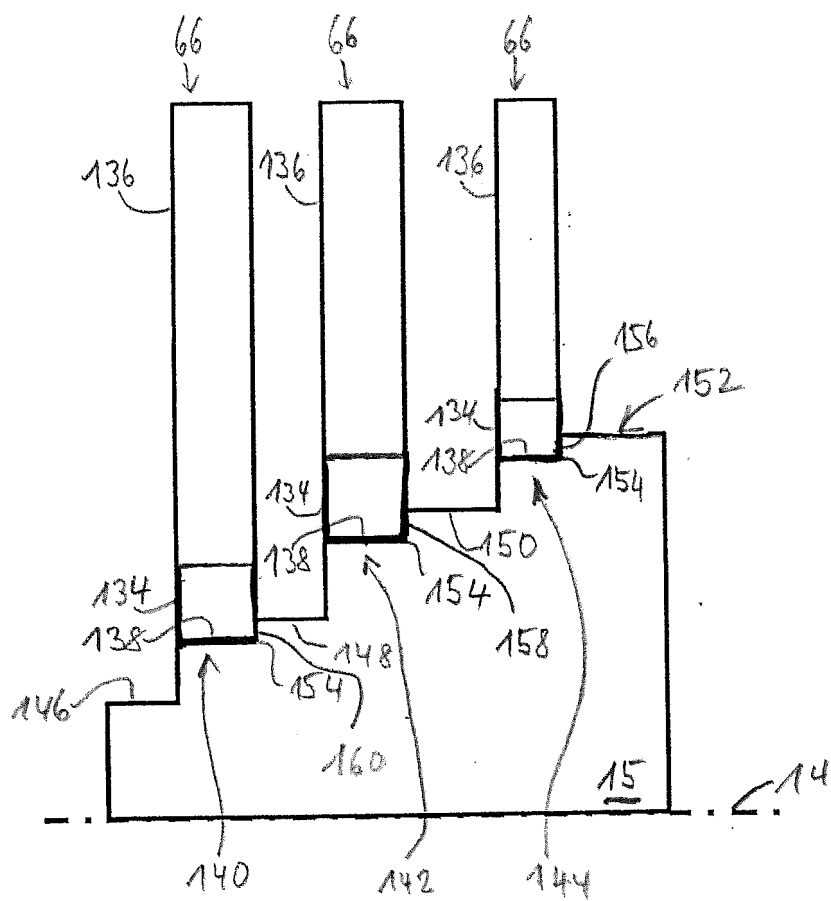


Fig. 2

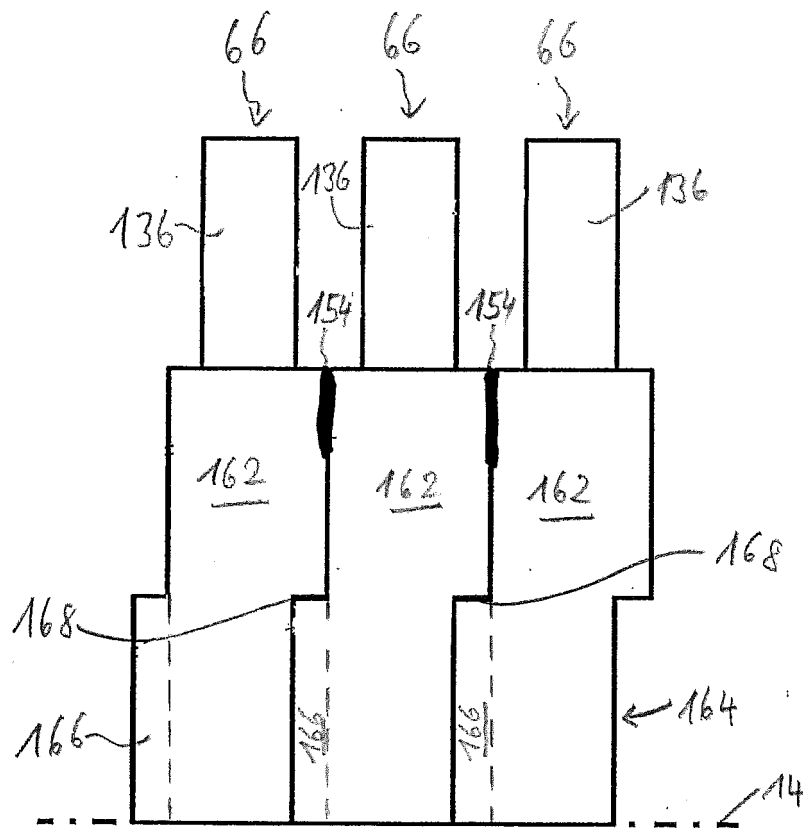


Fig. 3

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

- WO 2010052056 A1 **[0004]**
- KR 1020120073629 A **[0006]**
- EP 1621774 A2 **[0007]**
- EP 1666730 A1 **[0008]**
- DE 2050555 A1 **[0008]**
- JP 2006046074 A **[0008]**