

(19)



(11)

EP 4 772 718 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
08.07.2026 Patentblatt 2026/28

(21) Anmeldenummer: **25150439.5**

(22) Anmeldetag: **07.01.2025**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F01C 1/12 ^(2006.01) **F01C 1/14** ^(2006.01)
F01C 19/08 ^(2006.01) **F01C 21/00** ^(2006.01)
F01C 21/08 ^(2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F01C 1/123; F01C 1/14; F01C 19/085;
F01C 21/001; F01C 21/008; F01C 21/08;
F04C 2240/603; F04C 2240/802

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
GE KH MA MD TN

(71) Anmelder: **D2cats GmbH & Co. KG**
20254 Hamburg (DE)

(72) Erfinder: **Hoffmann, Dirk**
20254 Hamburg (DE)

(74) Vertreter: **Ridderbusch, Oliver**
Prisma IP
Patentanwaltskanzlei
Landsberger Straße 155, Haus 1
80687 München (DE)

(54) DREHKOLBENMOTOR UND ZUGEHÖRIGES VERFAHREN

(57) Ein Drehkolbenmotor umfasst einen Motorraum (3), in welchem zwei Rotoren (30) auf einer jeweiligen Welle (10) angeordnet sind und von Arbeitsfluid, das den Motorraum (3) durchströmt, angetrieben werden. Jede Welle (10) hat einen Kugelkopf (16), auf welchem der jeweilige Rotor (30) gelagert ist. Jeder Rotor (30) umfasst

zwei Rotorscheiben (31, 32), welche auf derselben Welle (10) gelagert sind und zusammen den Kugelkopf (16) umgeben. In jeder Welle (10) ist ein Lüftungskanal (11) gebildet, über welchen der Motorraum (3) mit einer Umgebung außerhalb des Motorraums (3) zum Be- oder Entlüften des Motorraums (3) verbunden ist.

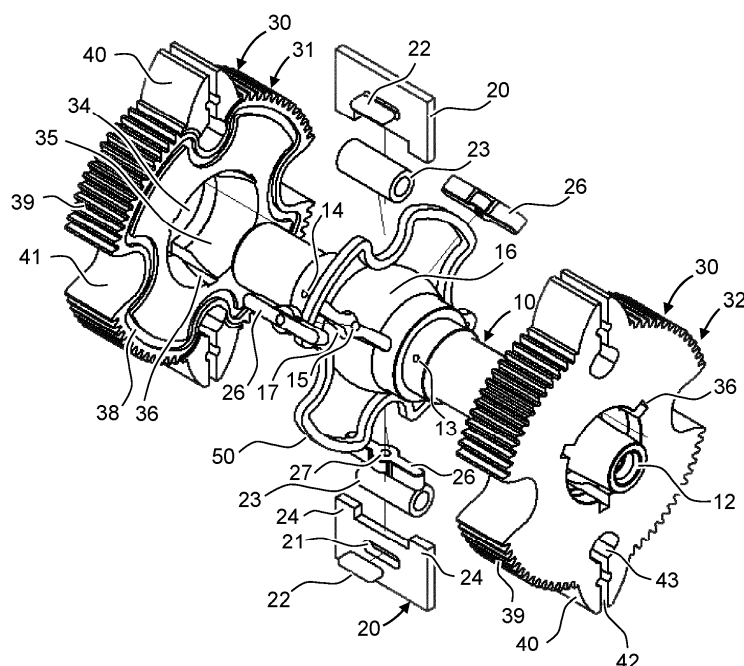


FIG. 3

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf einen Drehkolbenmotor und ein Verfahren zum Betreiben eines Drehkolbenmotors.

HINTERGRUND

[0002] Bekannte Drehkolbenmotoren, die auf den Erfinder der vorliegenden Erfindung zurückgehen, sind beispielsweise in US11255258B2, US11098587B2, EP3144471 B1 und EP3379027A1 beschrieben. Ein weiterer Drehkolbenmotor ist aus DE102007019958A1 bekannt.

[0003] Diese Drehkolbenmotoren umfassen einen Motorraum, in welchem zwei Rotoren auf einer jeweiligen Welle angeordnet sind. Der Motorraum weist einen Einlass und einen Auslass für ein Arbeitsfluid auf. Ein Arbeitsfluid kann durch den Motorraum strömen und dabei die beiden Rotoren antreiben. Über die Wellen kann die Energie ausgegeben werden. Die Rotoren haben jeweils einen Zahnkranz, so dass die Zähne der beiden Rotoren ineinandergreifen und sich die Rotoren gemeinsam drehen.

[0004] Allgemein sollten für einen möglichst hohen Wirkungsgrad eines Drehkolbenmotors Reibungsverluste so gering wie möglich gehalten werden. In Vorarbeiten der Erfindung wurde erkannt, dass bei Drehkolbenmotoren ein Verkanten der beiden Rotoren problematisch ist. Durch das Ineinandergreifen der Zahnkränze sind die beiden Rotoren gekoppelt, gleichzeitig muss ein reibender Kontakt an den Stirnseiten der Rotoren zu einer Motorraumwand vermieden werden. Eine stabile formschlüssige Verzahnung ohne Verklemmung ist jedoch bereits durch Temperaturänderungen und daraus folgender thermischer Expansionen erschwert. Weiter droht, dass es durch den Druck des Arbeitsfluides zu einer Neigung der Rotoren kommt, womit die Reibung steigt oder ein Verklemmen eintreten kann. Ein Drehkolbenmotor sollte jedoch über einen großen Drehzahlbereich und variable Drücke stabil und reibungsarm laufen können. Vorarbeiten der Erfindung haben ergeben, dass bei bekannten Drehkolbenmotoren eine starre Lagerung der Rotoren an ihrer jeweiligen Welle und Wirkungen des variablen Drucks im Motorraum ausschlaggebend für Verkantungen und eine steigende Reibung mit daraus resultierender Verringerung des Wirkungsgrades sind. Diese Probleme werden durch die vorliegende Erfindung überwunden.

KURZFASSUNG

[0005] Als eine **Aufgabe** der Erfindung kann angesehen werden, einen Drehkolbenmotor und ein Verfahren anzugeben, welche Reibung und die Gefahr von Rotorenverkantungen minimieren und so einen möglichst

hohen Wirkungsgrad des Drehkolbenmotors bereitstellen.

[0006] Diese Aufgabe wird durch den Drehkolbenmotor und das Verfahren mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst.

[0007] Bei der Erfindung werden Rotoren mit einem Freiheitsgrad neigbar gelagert, wodurch Verkantungen und reibende Kontakte vermieden werden können. Der Freiheitsgrad wird über stark variierende Druckverhältnisse - vom Anlaufen des Motors bis zu hoher Rotationsfrequenz im Dauerbetrieb - erhalten, indem Lüftungskanäle je nach Druckverhältnissen bzw. Rotationszahlen ein Belüften oder Entlüften des Motorraums bewirken. Dies wird im Späteren näher beschrieben.

[0008] Ein Drehkolbenmotor gemäß einer Ausführung der Erfindung umfasst einen Motorraum, in welchem zwei Rotoren auf einer jeweiligen Welle angeordnet sind. Die Rotoren weisen ineinandergreifende Zähne auf. Der Motorraum hat einen Einlass und einen Auslass für ein Arbeitsfluid und die Rotoren sind durch das Arbeitsfluid antreibbar. Jede Welle weist einen Kugelkopf auf, auf welchem der jeweilige Rotor gelagert ist. Weiterhin umfasst jeder Rotor zwei Rotorscheiben, welche auf derselben Welle gelagert sind und zusammen den Kugelkopf der Welle umgeben. In jeder Welle ist ein Lüftungskanal gebildet, über welchen der Motorraum mit einer Umgebung außerhalb des Motorraums zum Be- oder Entlüften des Motorraums verbunden ist.

[0009] Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren wird ein Drehkolbenmotor der Erfindung betrieben, indem ein Arbeitsfluid durch den Motorraum des Drehkolbenmotors geleitet wird, um dessen Rotoren anzutreiben.

[0010] Durch den Kugelkopf der Welle wird der Rotor mit einem Freiheitsgrad gelagert. Der Rotor ist dadurch nicht starr mit der Welle gekoppelt, sondern kann sich leicht zu der Welle neigen, im Unterschied zu den im Stand der Technik gezeigten Ausführungen von Drehkolbenmotoren. Dadurch entsteht auch eine gewisse Beweglichkeit zwischen den beiden miteinander verzahnten Rotoren, die auf verschiedenen Wellen gelagert sind. Die Lüftungskanäle dienen dem Erhalt des Freiheitsgrades der flexibel gelagerten Rotoren und ermöglichen erst eine stabile formschlüssige Verzahnung ohne Verklemmung über verschiedene Druckverhältnisse und Drehfrequenzen hinweg.

[0011] Durch den Freiheitsgrad in der Lagerung der Rotoren können über einen großen Temperaturbereich und einen großen Drehzahlbereich hinweg eine Verzahnung ohne Verklemmen erreicht werden, wobei eine reibungsreduzierende Luftströmung an Stirnseiten der Rotoren erfolgt.

[0012] Zur Stirnseite hin sind die Rotoren zur Gehäusewand zwar im Wesentlichen abgedichtet, es bleibt jedoch ein kleiner Luftspalt, durch welchen mit zunehmender Motorendrehzahl eingesaugte Luft strömt. Je höher die Drehfrequenz, desto mehr Luft wird über die Lüftungskanäle eingesaugt. Diese Luft bildet einen Luftfilm, der Reibung an den Stirnseiten minimiert.

[0013] Damit sich die beiden auf verschiedenen Wellen gelagerten Drehkolben/Rotoren bei einer Neigung zueinander nicht verkanten und stehenbleiben, ist auch die Teilung von jedem Drehkolben in zumindest zwei Rotorscheiben relevant. In Axialrichtung ist der Rotor somit durch zwei schmalere Teile gebildet, welche eine kleine Lücke zueinander haben können und eine gewisse Beweglichkeit zueinander bieten, was einem Verkanten mit einer Rotorscheibe des anderen Drehkolbens entgegenwirkt.

[0014] Konkrete Wirkungen der Lüftungskanäle zum Erhalt der Freiheitsgrade der Rotoren werden mit Bezug auf beispielhafte Ausgestaltungen näher beschrieben. Die Lüftungskanäle bewirken beim Anlaufen des Drehkolbenmotors ein Entlüften des Motorraums, das heißt, ein Fluid (ein Anteil des Arbeitsfluides) aus dem Arbeits-/Motorraum strömt über die Lüftungskanäle aus dem Motorraum aus. Mit steigender Drehzahl des Motors kommt es zu einer Umkehr der Strömungsrichtung, so dass Umgebungsluft über die Lüftungskanäle eingesaugt wird und gemeinsam mit dem Arbeitsfluid den Motorraum durchströmt. Das Arbeitsfluid strömt durch einen Einlass in den Motorraum ein, an den Rotoren entlang, um diese anzutreiben, und verlässt den Motorraum durch einen Auslass. Mit zunehmender Drehzahl der Rotoren ist der Volumenstrom aus dem Auslass heraus größer als der Volumenstrom durch den Einlass in den Motorraum hinein, weil zu dem Arbeitsfluid auch die über die Lüftungskanäle eingesaugte Luft hinzukommt.

Optionale Gestaltungen

[0015] Varianten des erfindungsgemäßen Drehkolbenmotors und des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche und werden in der folgenden Beschreibung erläutert.

Lüftungskanal

[0016] In jeder Welle ist ein Lüftungskanal gebildet, über welchen eine fluidische Verbindung zwischen dem Motorraum und einer Umgebung des Motorraums erzeugt wird. Durch den Lüftungskanal kann je nach Druckverhältnissen ein Fluid aus dem Motorraum ausströmen oder ein Fluid (Luft) von außerhalb des Motorraums in den Motorraum einströmen. Bis auf die Lüftungskanäle und mindestens einen Einlass und einen Auslass für Arbeitsfluid kann der Motorraum luftdicht geschlossen gebildet sein.

[0017] Der Lüftungskanal umfasst einen Axialabschnitt, welcher axial innerhalb der Welle verläuft und in einer axialen Lüftungsöffnung an einem Axialende der Welle mündet. Die Welle kann optional lediglich an einem Axialende eine axiale Lüftungsöffnung aufweisen, während sich an dem gegenüberliegenden Axialende keine Lüftungsöffnung befindet. Die Welle erstreckt sich aus dem Motorraum heraus und die axiale Lüftungsöffnung

befindet sich außerhalb des Motorraums. Dadurch wird eine Verbindung mit einer Umgebung außerhalb des Motors bereitgestellt. In einer Abwandlung kann das Axialende geschlossen sein und die axiale Lüftungsöffnung durch mindestens eine seitliche Öffnung ersetzt sein, welche sich an der Welle außerhalb des Motorraums befindet.

[0018] Jede Welle kann an ihrer Mantelfläche (in Axialrichtung gesehen innerhalb des Motorraums) Lüftungsöffnungen aufweisen. Die Lüftungsöffnungen an der Mantelfläche stellen das gegenüberliegende Ende des Lüftungskanals dar, so dass ein Fluid über die Lüftungsöffnungen an der Mantelfläche in den Lüftungskanal einströmen und an der axialen Lüftungsöffnung aus dem Lüftungskanal austreten kann, oder umgekehrt. Jede Lüftungsöffnung an der Mantelfläche kann über einen jeweiligen Radialabschnitt (Radialkanal) des Lüftungskanals mit dem Axialabschnitt des Lüftungskanals verbunden sein. Die Radialkanäle verlaufen innerhalb der Welle und vom Axialabschnitt ausgehend radial nach außen. Sie können senkrecht zum Axialabschnitt verlaufen. Alternativ können die Radialkanäle außer einer radialen Richtungskomponente auch eine axiale Richtungskomponente haben und somit schräg zum Axialabschnitt verlaufen. Ein Winkel zwischen einem Radialkanal und dem Axialkanal kann entweder 90° betragen oder so gewählt sein, dass entlangströmendes Fluid um weniger als 90° umgelenkt wird, um Strömungswiderstände zu reduzieren.

[0019] Die Lüftungsöffnungen an der Mantelfläche einer Welle können allgemein an verschiedenen Positionen in Axialrichtung angeordnet sein und/oder an verschiedenen Positionen in Umfangsrichtung der Welle. Für eine möglichst gleichmäßige Be-/Entlüftung kann es vorteilhaft sein, wenn an mindestens zwei oder mindestens drei verschiedenen Positionen in Umfangsrichtung der Welle Lüftungsöffnungen vorgesehen sind. Diese Lüftungsöffnungen können gleichmäßig in Umfangsrichtung verteilt sein, beispielsweise können drei Lüftungsöffnungen in 120°-Schritten in Umfangsrichtung um die Welle verteilt sein. In Axialrichtung können Lüftungsöffnungen symmetrisch zu einer axialen Mitte (der Mitte des Kugelpfandes der Welle) angeordnet sein. Insbesondere können sich Lüftungskanäle an mindestens zwei verschiedenen Höhen in Axialrichtung befinden, benachbart zu den zwei Rotorscheiben, insbesondere in Axialrichtung der Welle gesehen oberhalb und unterhalb des Kugelpfandes. Alternativ oder zusätzlich kann mindestens eine der Lüftungsöffnungen am Kugelpfand gebildet sein, also in Axialrichtung der Welle gesehen nicht ober- oder unterhalb des Kugelpfandes, sondern am Kugelpfand selbst, insbesondere mittig am Kugelpfand. Vorzugsweise sind am Kugelpfand mehrere, z.B. drei, Lüftungsöffnungen gleichmäßig in Umfangsrichtung verteilt gebildet.

[0020] Genauere Positionen von Lüftungsöffnungen und die damit verbundenen Wirkungen werden im Folgenden näher erläutert.

[0021] Jeder Rotor kann eine obere und einer untere

Grundseite haben, welche jeweils senkrecht zu einer Rotordrehachse verlaufen. Die Grundseiten der Rotoren können insbesondere eben sein und können parallel zu einer benachbarten Motorraumwand stehen. Zwischen einer der Grundseiten des Rotors und einer benachbarten Motorraumwand ist eine (kleine) Lücke gebildet; ein reibender Kontakt sollte vermieden werden. Mindestens eine (insbesondere mindestens drei oder genau drei) der Lüftungsöffnungen kann/können sich an der Lücke zwischen einer der Grundseiten des Rotors und der benachbarten Motorraumwand befinden bzw. benachbart zu einer der Grundseiten des Rotors und der benachbarten Motorraumwand sein. Diese Anordnung von Lüftungsöffnungen an der Mantelfläche der Welle kann gleichermaßen für die obere Grundseite wie für die untere Grundseite des Rotors zutreffen. Mit der oberen und unteren Grundseite des Rotors werden bei einer Gestaltung des Rotors aus zwei aneinander liegenden Rotorscheiben die voneinander entfernten Seiten der beiden Rotorscheiben bezeichnet, nicht die einander zugewandten Seiten der Rotorscheiben.

[0022] In anderen Worten können die axialen Enden des Rotors durch eine obere und eine untere Grundseite gebildet sein, wobei sich Lüftungsöffnungen in Axialrichtung gesehen neben den (oder auf Höhe der bzw. im Bereich der) axialen Enden der Rotorscheiben befinden. Jede dieser Lüftungsöffnungen kann sich auch in Axialrichtung gesehen zwischen einem der axialen Enden des Rotors und einer zu diesem axialen Ende benachbarten Gehäusewand (Gehäusegrundfläche) befinden.

[0023] Durch die beschriebenen Lüftungsöffnungen im Bereich der oberen und unteren Grundseite des Rotors wird ein Luftfilm zwischen den Grundseiten und einer benachbarten Gehäusewand (bzw. einer später näher beschriebenen Dichtplatte an der Gehäusewand) erreicht. Beim Anlaufen des Motors und somit beim Druckaufbau an Rotoren kann an den Grundseiten Arbeitsfluid entlangströmen und über die Luftkanäle zum Teil aus dem Motorraum austreten, wodurch ein gleichmäßiger Druck über die Grundseiten erreicht wird und einem Verkanten der Rotoren entgegengewirkt wird. Auch kann der Aufbau ungewollter Druckpolster vermieden werden. Bei höherer Drehzahl bewirkt die nun einströmende Luft einen Luftfilm, welcher einen reibenden Kontakt an den Grundseiten der Rotoren minimiert und im Fall der später beschriebenen Dichtplatten ein Verbiegen der Dichtplatten vermeidet, womit Reibung und auch Beschädigungen der Dichtplatten vermieden werden.

Dichtplatten und Anordnung von Lüftungsöffnungen der Wellen neben den Dichtplatten

[0024] Der Motorraum kann durch zwei gegenüberliegende (insbesondere parallele) Gehäusegrundflächen begrenzt sein. Die Gehäusegrundflächen stehen parallel zu Grundseiten der Rotoren und somit senkrecht zu einer jeweiligen Drehachse der Rotoren. Zwischen den Grundseiten (=Stirnseiten) der Rotoren und der

jeweils benachbarten Gehäusegrundfläche kann eine jeweilige Dichtplatte angeordnet sein. Eine Dichtplatte kann im Wesentlichen die gesamte Gehäusegrundfläche bedecken. Insbesondere kann eine Dichtplatte zwei Öffnungen aufweisen, durch welche sich die zwei Wellen der zwei Rotoren erstrecken. Im Übrigen kann die Dichtplatte den gesamten Bereich der Grundseiten der beiden Rotoren abdecken.

[0025] Zumindest einige der Lüftungsöffnungen können sich benachbart zu der Dichtplatte befinden, insbesondere direkt neben der Dichtplatte bzw. in Axialrichtung auf Höhe der Dichtplatte. Für zwei Dichtplatten können somit Lüftungsöffnungen in Axialrichtung an zwei verschiedenen Höhen, benachbart zu jeweils einer der Dichtplatten, angeordnet sein.

[0026] Druckluft bzw. das Arbeitsfluid, welches hinter die stirnseitigen Dichtplatten strömen könnte, kann über die Lüftungsöffnungen in den Lüftungskanal eintreten und so entweichen, womit die Dichtplatten in ihrer Position bleiben und die Rotoren nicht eingeklemmt werden. Hierzu trägt auch eine später näher beschriebene Lüftungsnut an der Dichtplatte bei.

[0027] Die Dichtung (Dichtplatte) kann zunächst auf Stirnseiten der Rotoren aufliegen. Bei höheren Drehzahlen kommt es wegen des Venturi-Effekts bzw. eines Unterdrucks zu einem Einsaugen von Luft über die Lüftungskanäle. Die eingesaugte Luft bewirkt einen Luftstrom an der Dichtplatte, so dass es keinen Kontakt zwischen der Rotorstirnfläche und der Dichtplatte gibt.

[0028] So wird mit zunehmender Drehzahl die Entlüftung zur Belüftung. Dadurch kann mit zunehmender Drehzahl der Rotoren Luft über die axialen Lüftungsöffnungen eingesogen werden und zwischen den Dichtplatten und den benachbarten Grundseiten der Rotoren strömen, womit es mit zunehmender Drehzahl der Rotoren keinen Kontakt zwischen den Grundseiten der Rotoren und den Dichtplatten gibt. Die Dichtplatten werden von der entlangströmenden Luft aufgrund des Diffusor-Effekts nach außen gedrückt und liegen auf dem entstandenen Luftpolster der einströmenden Luft auf, stirnseitig der Rotoren.

[0029] Jede Dichtplatte kann zwei Öffnungen umfassen, durch welche sich die Wellen der zwei Rotoren erstrecken. Die zwei Öffnungen können jeweils als Kreisform mit zusätzlicher Entlüftungsnut geformt sein bzw. eine Kreisform mit Entlüftungsnut umfassen. Ein Durchmesser der Kreisform ist entsprechend einem Durchmesser der Wellen gewählt. Die Entlüftungsnut stellt einen Luftkanal an der Welle entlang zwischen gegenüberliegenden Seiten der Dichtplatte bereit. Durch diese Gestaltung wird unterstützt, dass sich keine Druckluft/Arbeitsfluid hinter der Dichtplatte sammelt, sondern über die Entlüftungsnut und anschließend über die Lüftungskanäle entweichen kann.

[0030] Optional oder zusätzlich kann die Dichtplatte an den zwei Öffnungen bzw. um die zwei Öffnungen herum jeweils eine ringförmige Vertiefung aufweisen, wobei sich ein oder mehrere Lüftungsöffnungen der Welle ge-

rade neben der ringförmigen Vertiefung befinden können oder über Entlüftungsnuten der Dichtplatte mit dem Bereich der ringförmigen Vertiefung fluidisch verbunden sind. Die Vertiefung ist auf der Dichtplattenseite zu der Gehäusewand hin geformt.

Welle mit Kugelpfopf und zugehöriger Rotor aus zwei Rotorscheiben

[0031] Jede Welle hat einen Kugelpfopf, auf welchem der jeweilige Rotor gehalten ist. Ein Kugelpfopf bildet eine in etwa kugelförmige Verdickung der Welle. In einem Querschnitt entlang der Längsachse der Welle hat die Welle somit keine konstante Breite, sondern mittig am Kugelpfopf eine maximale Breite. Im Querschnitt hat die Welle eine Kreissegmentform oder eine rundliche Form. Hierdurch kann sich ein aufliegender Rotor relativ zur Längsachse der Welle leicht neigen.

[0032] Jeder Rotor umfasst zumindest zwei Rotorscheiben (Rotorteile), welche in Axialrichtung nebeneinander auf derselben Welle gelagert sind und zusammen den Kugelpfopf umgeben. Vorzugsweise bilden genau zwei Rotorscheiben (Rotorhälften) einen Rotor, da bei mehr als zwei axial nebeneinander liegenden Rotorscheiben der Aufbau komplexer und prinzipiell eher nachteiliger würde.

[0033] Die zwei Rotorscheiben, die einen Rotor bilden, können an ihren einander zugewandten Seiten jeweils eine pfannenförmige (kugelsegmentförmige) Vertiefung aufweisen. Die pfannenförmigen Vertiefungen liegen auf dem Kugelpfopf auf und sind entsprechend dem Kugelpfopf geformt. In der Mitte der pfannenförmigen Vertiefungen ist jeweils eine Axialöffnung gebildet, durch welche sich die Welle hindurch erstreckt. Die zwei Rotorscheiben können sich in Axialrichtung jeweils bis zu einer Mitte des Kugelpfopfes erstrecken und können die gleiche Dicke (das heißt die gleiche Ausdehnung in Richtung der Längsachse der Welle) haben.

Kraftübertragung zwischen Rotorscheiben und Welle, mit Be-/Entlüftung

[0034] Kraftübertragungselemente können zur Kraftübertragung zwischen den Rotorscheiben und der zugehörigen Welle vorhanden sein. Jedes Kraftübertragungselement kann sich von einer Aufnahme in der Welle (bzw. im Kugelpfopf der Welle) bis in eine Aufnahmenut in den Rotorscheiben erstrecken. Jedes Kraftübertragungselement kann somit in eine jeweilige Aufnahme in der Welle eingesteckt sein und sich aus der Aufnahme radial hinauserstrecken, in eine Aufnahmenut einer Rotorscheibe hinein. Durch die zweiteilige Rotorgestaltung aus zwei Rotorscheiben mit jeweiliger Aufnahmenut kann sich ein Kraftübertragungselement in die beiden zueinander ausgerichteten Aufnahmenuten der zwei Rotorscheiben erstrecken.

[0035] Die Aufnahmen der Welle sind Vertiefungen, z.B. Ausfräsungen, in welche die Kraftübertragungsele-

mente eingesteckt werden können. Die Aufnahmen der Welle befinden sich zumindest im Kugelpfopf und können in Axialrichtung der Welle über den Kugelpfopf hinausgehen, also in Axialrichtung länger sein als der rundliche Kugelpfopfbereich.

[0036] Die Aufnahmenuten der Rotorscheiben sind Kerben an der Rotorscheiben-Innenseite, d.h. an einer zentralen Öffnung, durch welche die Welle ragt.

[0037] Eine Längsrichtung der Aufnahmenuten verläuft in Axialrichtung der Welle oder hat zumindest eine Richtungskomponente in Axialrichtung. Eine Tiefe der Aufnahmenuten ist in Radialrichtung bemessen.

[0038] Die Kraftübertragungselemente können optional mit Spiel in den Aufnahmenuten der Rotorscheiben und/oder den Aufnahmen der Welle gehalten sein, für eine verbesserte Beweglichkeit zwischen den Rotorscheiben und der zugehörigen Welle. Durch das Spiel sind die Kraftübertragungselemente nicht in sowohl den Aufnahmenuten als auch den Aufnahmen eingeklemmt, insbesondere liegt keine Presspassung an sowohl den Aufnahmenuten als auch den Aufnahmen vor. Vielmehr verbleibt in Umfangsrichtung eine kleine Lücke zwischen den Kraftübertragungselementen und einer Wand der Aufnahmenuten und/oder der Aufnahmen. Es kann vorgesehen sein, dass die Kraftübertragungselemente an der Welle starr fixiert oder ohne Spiel gehalten werden, während ein Spiel an den Aufnahmen der Rotorscheiben besteht.

[0039] In jeder Aufnahme oder zumindest manchen der Aufnahmen der Welle kann eine der Lüftungsöffnungen des Lüftungskanals gebildet sein. In Umfangsrichtung der Welle gesehen sind die Lüftungsöffnungen also gerade so gewählt, dass sie mit den Aufnahmen zusammenfallen. Hierdurch wird die Be- und Entlüftung auch für die Bereiche um die Kraftübertragungselemente erreicht. Ein ungewolltes Druckpolster wird somit in diesen Bereichen vermieden, insbesondere beim Anlaufen des Motors, womit Verklemmungen entgegengewirkt wird.

[0040] Jedes Kraftübertragungselement kann einen Lüftungsdurchlass aufweisen, welcher passend zur Lüftungsöffnung des Lüftungskanals der Welle angeordnet ist. Der Lüftungsdurchlass verläuft bezüglich der Welle radial nach außen und dient einem Be-/Entlüften des Kugelbereichs, also eines Bereiches zwischen Kugelpfopf und Rotorscheiben.

[0041] Form der Kraftübertragungselemente: Jedes Kraftübertragungselement kann durch einen länglichen Körper gebildet sein, dessen Längsachse in Axialrichtung der Welle ausgerichtet ist. Der längliche Körper kann eine Verbreiterung mittig in seiner Längsrichtung haben. Im Bereich der Verbreiterung ist der Lüftungsdurchlass gebildet. Die Aufnahme am Kugelpfopf hat ebenfalls eine in Axialrichtung gesehen mittige Verbreiterung, so dass durch die Verbreiterung das Kraftübertragungselement in Axialrichtung in der Aufnahme am Kugelpfopf gehalten ist, also nicht in Axialrichtung aus der Aufnahme am Kugelpfopf austreten kann. Die Verbreiterung des Kraftübertragungselements liegt im zu-

sammengebauten Zustand vollständig innerhalb des Kugelkopfes. Indem die Verbreiterung des Kraftübertragungselements nicht radial aus dem Kugelkopf herausragt, können bei einem Zusammenbau des Motors zunächst die Kraftübertragungselemente radial in die Aufnahmen am Kugelkopf hineingesteckt werden und anschließend können die Rotorscheiben in Axialrichtung auf den Kugelkopf aufgesetzt werden.

Rotorenfederung für Flexibilität zwischen den Rotorhälften

[0042] Jeder Rotor kann mindestens ein Federelement zwischen seinen Rotorscheiben aufweisen, um einen Freiheitsgrad zwischen den Rotorscheiben zu erhalten. Das Federelement ist zwischen den Rotorscheiben eingeklemmt und wird so in Position gehalten. Es wird ein elastisches, verformbares Material für das Federelement verwendet, beispielsweise Silikon oder ein Gummimaterial. Das Federelement kann als Ring gebildet sein, welcher die Welle umgibt. Unter einem Ring soll eine geschlossene Form verstanden werden, wobei der Ring nicht kreisförmig sein muss, sondern z.B. kleblattförmig sein kann. Diese Form des Federelements kann abhängig von der Querschnittsform der Rotorscheiben gewählt sein, welche z.B. mehrere Aussparungen aufweisen kann, in welche Arbeitszähne des anderen Rotors eingreifen. In einem Schnitt durch das Federelement kann dieses rundlich, insbesondere kreisförmig, geformt sein oder mit ebenen Flächen zu den zwei Rotorscheiben hin.

[0043] Die Rotorscheiben, die einen Rotor bilden, können an ihren einander zugewandten Seiten jeweils eine Aufnahmerille für das Federelement aufweisen. Die Aufnahmerille kann passend zum Federelement geformt sein. Eine Dicke des Federelements (das heißt die Ausdehnung in Längsrichtung der Welle) ist größer als die Summe der Tiefen der beiden Aufnahmerillen der beiden Rotorscheiben, so dass die beiden Rotorscheiben durch das Federelement (geringfügig) voneinander beabstandet sind. Das Federelement bewirkt auch eine Dichtung zwischen den Rotorscheiben, wobei aber die durch das Federelement bewirkte Flexibilität zwischen den Rotorscheiben eine hervorzuhebende Rolle spielt, um den Freiheitsgrad zwischen den Rotorscheiben zu bewahren, und Horizontalbewegungen auszugleichen. Eine starre Verbindung zwischen den Rotorhälften wird vermieden. Eine Rotorscheibe einer Welle kann mit der Rotorscheibe der anderen Welle verzahnt sein und sollte sich passend für diese Verzahnung neigen können. Durch den vom Federelement bewahrten Freiheitsgrad kann sich eine Rotorscheibe neigen, ohne dass die andere Rotorscheibe derselben Welle sich starr in identischer Weise neigen müsste. Schlussendlich wird hierdurch eine optimale Eindichtung ohne Verklemmung erreicht. Da das Federelement etwas Spiel zwischen den Rotorhälften bewirkt, können reibende Kontakte der Rotorgrundseiten zur Gehäusewand bzw. zur Dichtung

an der Gehäusewand besser vermieden werden.

Außenform der Rotoren

[0044] Die Rotoren können radial hervorstehende Arbeitszähne aufweisen, gegen welche das Arbeitsfluid beim Durchströmen des Motorraums drückt und so die Rotoren antreibt. Jeder Rotor kann beispielsweise zwei oder drei in Umfangsrichtung gleichmäßig verteilte Arbeitszähne aufweisen. Die Rotoren weisen außerdem Aussparungen auf, in welche die Arbeitszähne des jeweils anderen Rotors eingreifen. Die Rotorscheiben, die zusammen einen Rotor bilden, bilden gemeinsam die Arbeitszähne und Aussparungen.

[0045] Optional kann jeder Arbeitszahn der Rotoren einen Aufnahmeschlitz aufweisen, in welchem eine Dichtleiste angeordnet ist. Die Dichtleisten erstrecken sich radial aus den Arbeitszähnen heraus, um eine Dichtung zu einem Motorenraumgehäuse zu bewirken.

[0046] Jeder Aufnahmeschlitz kann radial nach innen in eine Zylinderbohrung münden, wobei ein Durchmesser der Zylinderbohrung größer ist als eine Breite des angrenzenden Aufnahmeschlitzes. Unter einer Zylinderbohrung kann ein Loch mit Längsachse parallel zur Längsachse der Welle verstanden werden.

[0047] In jeder Zylinderbohrung kann eine Dichtleistenfederung aufgenommen sein, wobei die im Aufnahmeschlitz aufgenommene Dichtleiste in die Zylinderbohrung hineinragt und von der Dichtleistenfederung nach außen gedrückt wird.

[0048] Die Dichtleiste kann an ihren axialen Enden radial nach innen in die Zylinderbohrung hervorstehende Verschlussflügel aufweisen. Die Dichtleistenfederung ist axial zwischen den Verschlussflügeln angeordnet, so dass die Verschlussflügel ein axiales Austreten der Dichtleiste aus der Zylinderbohrung verhindern. Die Verschlussflügelriegeln somit die Zylinderbohrungen ab, verhindern jedoch keinen Fluidstrom hierdurch.

[0049] In jeder Zylinderbohrung kann als Dichtleistenfederung ein (nicht hohler) Silikonfaden aufgenommen sein. Ein Durchmesser des Silikonfadens ist größer als eine Breite des Aufnahmeschlitzes, so dass der Silikonfaden nicht aus der Zylinderbohrung heraus in den Aufnahmeschlitz gelangen kann.

[0050] Alternativ kann in jeder Zylinderbohrung als Dichtleistenfederung ein hohler Schlauch aufgenommen sein. Der hohle Schlauch ist fluidisch mit dem Motorraum verbunden, so dass bei einem Druckaufbau im Motorraum beim Anlaufen der Rotoren durch einströmendes Arbeitsfluid auch im hohlen Schlauch ein Druckaufbau erfolgt, womit die Dichtleisten nach außen gedrückt werden. Druckluft strömt somit auch in die hohlen Schläuche, welche gegen die Dichtleisten drücken und bis zu einer bestimmten Drehzahl die Kraft für die dichtende Wirkung der Dichtleisten bereitstellen. Bei höherer Drehzahl übernimmt hingegen die Fliehkraft der Dichtleisten die dichtende Wirkung.

Arbeitsfluid und Anwendungen des Drehkolbenmotors

[0051] Das Arbeitsfluid, welches die Rotoren antreibt, kann prinzipiell ein beliebiges Fluid sein und wird abhängig von der Anwendung des Motors gewählt. Beispielsweise kann das Arbeitsfluid (Druck-)Luft, also ein Gas oder Gasgemisch, sein oder umfassen. Das Arbeitsfluid kann auch ein Dampf sein oder umfassen, insbesondere Wasserdampf. Es kann sich bei dem Arbeitsfluid auch um Abgase/Verbrennungsprodukte handeln, die durch die Verbrennung eines Kraftstoffs entstanden sind. Der Kraftstoff kann z.B. ölbasiert sein, insbesondere ein fossiler Kraftstoff, oder auf Wasserstoffgas oder Methanol basieren. Kraftstoff kann z.B. außerhalb des Motors verbrannt werden, wobei durch die Verbrennung die erzeugten Verbrennungsprodukte/-gase einen erhöhten Druck haben und dieser erhöhte Druck zum Antreiben der Rotoren genutzt wird.

[0052] Der Drehkolbenmotor kann ein Druckluftmotor sein. In diesem Fall können an jeder Welle insbesondere drei Kraftübertragungselemente (in 120°-Schritten in Umfangsrichtung verteilt) angeordnet sein für eine Kraftübertragung von den Rotorscheiben auf die Welle. Ist der Drehkolbenmotor hingegen ein Dampfmotor oder Teil eines Verbrennungsmotors, können höhere Arbeitsdrücke vorliegen, weshalb eine höhere Anzahl an Kraftübertragungselementen gewählt wird, beispielsweise an jeder Welle sechs Kraftaufnehmer, die insbesondere in 60°-Schritten in Umfangsrichtung verteilt angeordnet sind.

[0053] Der Drehkolbenmotor kann Teil eines ORC-Prozesses (ORC: Organic Rankine Cycle) sein, in welchem eine Wärmenutzung erfolgt.

[0054] Ein Motorsystem kann aus mehreren der beschriebenen Drehkolbenmotoren gebildet sein, wobei die Drehkolbenmotoren parallel oder seriell von Arbeitsfluid durchströmt werden. Bei einer seriellen Anordnung durchströmt Arbeitsfluid zunächst einen der Drehkolbenmotoren und anschließend einen weiteren der Drehkolbenmotoren. Die nacheinander durchströmten Drehkolbenmotoren stellen somit kaskadierte Motoreinheiten dar.

[0055] Bei einem Dampfantrieb oder einer Wasserstoffgasverbrennung erfolgt eine Entspannung und somit Volumenvergrößerung über optional mehrere kaskadierte Motoreinheiten (Entspannungseinheiten) hinweg. In dieser Gestaltung kann ein höherer isotroper Wirkungsgrad erreicht werden. Das Volumen des Motorraums (und somit das für das Arbeitsfluid um die Rotoren herum verfügbare Volumen im Motorraum) kann bei einer kaskadierten Gestaltung von einem Drehkolbenmotor zum nächsten zunehmen. Beispielsweise können drei seriell genutzte Drehkolbenmotoren Volumina von 350cm³, 660cm³ und 967cm³ haben. Hierdurch wird dem Umstand Rechnung getragen, dass durch die Entspannung mit jeder Motoreinheit das Volumen des Arbeitsfluides zunimmt.

[0056] Bei einer Gestaltung als Wasserstoffmotor kann auf eine externe Schwungmasse verzichtet werden, das heißt die Rotoren sind die Schwungmasse. Eine Zündung bzw. Verbrennung von Wasserstoffgas erfolgt nicht im Motorraum, in welchem sich die Rotoren befinden, sondern zuvor in z.B. einer hierfür ergänzten Vorkammer oder in einem Rail, das am Motor angebaut ist. Mit dem Rail können mehrere Drehkolbenmotoren optional schaltbar verbunden sein: Für eine hohe Leistung / ein hohes Drehmoment können mehrere (z.B. drei) Drehkolbenmotoren parallel genutzt werden, so dass ein direkter Durchlass vom Rail zu jedem dieser Drehkolbenmotoren geöffnet wird. Alternativ wird eine Verbindung vom Rail zu einem oder mehreren der Drehkolbenmotoren geschlossen und dafür wird eine schaltbare Verbindung von einem der Drehkolbenmotoren zum anderen geöffnet. Dadurch kann einer der Drehkolbenmotoren wahlweise parallel oder seriell zu einem anderen der Drehkolbenmotoren genutzt werden. Es kann somit zwischen einem besonders hohen Wirkungsgrad bei einem seriellen Betrieb oder (bei z.B. gesteigerter Verbrennungsrate eines Kraftstoffs wie Wasserstoffgas) einer höheren Leistungsausgabe im parallelen Betrieb gewechselt werden.

Allgemeine Eigenschaften

[0057] Unter "Luft" kann vorliegend ein beliebiges Gasgemisch, ein beliebiges Gas oder auch eine Mischung mit einer Flüssigkeit oder ein Dampf verstanden werden. Insbesondere kann Luft, die über Lüftungskanäle in den Motorraum einströmt, Umgebungsluft sein, wie sie außerhalb des Motorraums vorliegt. Prinzipiell kann aber auch eine Vorbehandlung der über die Lüftungskanäle einströmenden Luft erfolgen, z.B. eine Zugabe motorpflegender Substanzen, eine Filterung (Blockierung) schädlicher Partikel und/oder eine Zugabe bzw. eine Entfernung von Elementen, wodurch die einströmende Luft beispielsweise in ihrer Zusammensetzung dem Arbeitsfluid ähnlicher wird.

[0058] Zum schnelleren Verständnis wird der Begriff "Lüftungskanal" verwendet, wobei ein prinzipiell beliebiges Fluid durch diesen Kanal strömen kann, insbesondere kann das Arbeitsfluid ausströmen oder ein Umgebungsfluid, welches sich außerhalb des Motorraums befindet, einströmen.

[0059] Es sind prinzipiell auch Abwandlungen der beschriebenen Ausführungen möglich, durch welche die beschriebenen Vorteile oder Wirkungen nur in kleinerem Ausmaß erreicht werden. Beispielsweise sollte in jeder Welle ein Lüftungskanal gebildet sein, wobei prinzipiell eine gewisse Be- und Entlüftung des Motorraums bereits erreicht wird, wenn lediglich mindestens in einer der Wellen ein Lüftungskanal gebildet ist. Ein zumindest gegenüber dem Stand der Technik etwas verbesserter Wirkungsgrad kann prinzipiell bereits bei Abwandlungen erreicht werden, in denen allein die Gestaltung mit Kugelpfopf oder die Lüftungskanäle vorgesehen sind.

[0060] Als Welle wird vorliegend ein Schaft verstanden, welcher mit einem Rotor gekoppelt ist und sich bei Drehung des Rotors ebenfalls dreht. Über die Welle kann Rotationsenergie aus dem Drehkolbenmotor ausgegeben werden. Die Welle kann in prinzipiell bekannter und beliebiger Weise mit weiteren Komponenten zur Leistungsausgabe verbunden werden.

[0061] Unter einer axialen Richtung wird eine Richtung parallel zur Längsachse der Welle(n) verstanden bzw. parallel zur Rotationsachse der Wellen oder Rotoren. Eine Radialrichtung ist eine Richtung senkrecht hierzu, von der Welle ausgehend radial nach außen oder umgekehrt. Beschreibungen von Komponenten mit Bezug auf die axiale oder radiale Richtung sind, soweit nicht anders angegeben, auf die jeweils zugehörige Welle bezogen.

[0062] Im Singular beschriebene Eigenschaften sollen die Varianten "genau ein(e)" als auch "mindestens "ein(e)" abdecken. Beispielsweise kann der Motorraum einen oder mehrere Einlässe und/oder einen oder mehrere Auslässe aufweisen.

[0063] In Abwandlungen der beschriebenen Varianten sind weitere der beschriebenen Komponenten vorhanden. Beispielsweise können anstelle der zwei beschriebenen Rotorscheiben auch vier Rotorscheiben gemeinsam einen Rotor bilden. Auch hiermit wird der gewünschte Freiheitsgrad zwischen Rotorscheiben erreicht, wobei aber der Gesamtaufbau und die Dichtung komplexer wird. Zwischen benachbarten Rotorscheiben wird jeweils ein Federelement, wie beschrieben, verwendet.

[0064] Die als zusätzliche Vorrichtungsmerkmale beschriebenen Eigenschaften der Erfindung ergeben bei bestimmungsgemäßer Verwendung auch Varianten des erfindungsgemäßen Verfahrens. In umgekehrter Weise kann die Vorrichtung auch zum Ausführen der beschriebenen Verfahrensvarianten eingerichtet sein.

KURZBESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0065] Ausführungsbeispiele werden nachstehend mit Bezug auf die Figuren beschrieben. Gleiche und gleich wirkende Bestandteile sind in der Regel mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet.

FIG. 1 ist eine schematische Perspektivdarstellung eines Drehkolbenmotors eines Ausführungsbeispiels der Erfindung;

FIG. 2 zeigt Komponenten eines Rotors mit zugehöriger Welle des Drehkolbenmotors;

FIG. 3 ist eine Explosionsdarstellung des Rotors mit zugehöriger Welle;

FIG. 4 zeigt den Rotor mit zugehöriger Welle in einem Schnitt entlang der Längsachse der Welle;

FIG. 5 zeigt seine seitliche Draufsicht auf die Welle;

FIG. 6 zeigt eine Perspektivansicht der Welle mit einer der zugehörigen Dichtleisten;

5

FIG. 7 zeigt eine Dichtplatte des Drehkolbenmotors;

10

FIG. 8 zeigt Teile des Drehkolbenmotors in einem Schnitt entlang der Längsachse einer der Wellen;

15

FIG. 9 ist ein Foto des geöffneten Motorenraumgehäuses eines Drehkolbenmotors eines Ausführungsbeispiels der Erfindung; und

20

FIG. 10 zeigt eine Perspektivansicht des Drehkolbenmotors mit geschlossenem Motorraumgehäuse.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG VON AUSFÜHRUNGSBEISPIELEN

25

[0066] Mit Bezug auf FIG. 1 werden zunächst überwiegend allgemeinere Eigenschaften eines erfindungsgemäßen Drehkolbenmotors beschrieben, während die meisten Unterschiede gegenüber bekannten Drehkolbenmotoren anschließend mit Bezug auf die weiteren Figuren erläutert werden.

30

FIG. 1

35

[0067] Ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Drehkolbenmotors ist schematisch in FIG. 1 gezeigt. Der Drehkolbenmotor 1 umfasst ein Gehäuse (Motorenraumgehäuse) 2, welches einen Motorraum 3 umgibt. In FIG. 1 ist das Motorenraumgehäuse 2 ohne abschließendes Oberteil / Deckel gezeigt, damit der Motorraum 3 mit den darin aufgenommenen Komponenten sichtbar ist.

40

[0068] Am Motorraum 3 sind ein Einlass 4 für Arbeitsfluid und ein Auslass 5 für das Arbeitsfluid gebildet. Außerdem sind im Motorraum 3 zwei Rotoren 30 auf einer jeweiligen Welle 10 angeordnet. Die Rotoren 30 verfügen jeweils an ihrer Mantelfläche über einen Zahnkranz bzw. Zähne 39, die mit den Zähnen 39 des jeweils anderen Rotors 30 ineinandergreifen, so dass die Rotoren 30 gemeinsam (mit entgegengesetztem Drehsinn) rotieren und dabei kein Arbeitsfluid zwischen den beiden Rotoren 30 hindurch gelangen kann.

50

[0069] Der Einlass 4 und Auslass 5 sind so angeordnet, dass Arbeitsfluid vom Einlass 4 nur zum Auslass 5 gelangen kann, wenn es beim Durchströmen des Motorraums 3 die beiden Rotoren 30 in Drehung versetzt. Hierfür verfügen die Rotoren 30 an ihrer Mantelfläche radial hervorstehende Arbeitszähne 40. Daher drückt Arbeitsfluid beim Durchströmen des Motorraums gegen die Arbeitszähne 40 und dreht hierdurch die beiden

55

Rotoren 30. Jeder Arbeitszahn 40 verfügt über eine in diesem aufgenommene Dichtleiste 20, welche radial aus dem Arbeitszahn 40 hervorstecht, bis an eine Wand des Motorenraumgehäuses 2. Die beiden Rotoren 30 weisen jeweils an ihrer Mantelfläche Aussparungen 41 auf, in welche die Arbeitszähne 40 des jeweils anderen Rotors 30 dichtend eingreifen können. Jede Dichtleiste 20 wird durch eine zugehörige Dichtleistenfederung 23 radial nach außen gedrückt, was später näher beschrieben wird.

[0070] Der Begriff "radial" wird vorliegend mit Bezug auf eine Drehachse beziehungsweise die Wellen 10 verstanden. Beispielsweise sollen radial hervorstehende Arbeitszähne 40 der Rotoren 30 so verstanden werden, dass die Arbeitszähne 40 mit Bezug auf die Drehachse oder die jeweilige Welle 10 radial nach außen hervorstehen. Entsprechend wird unter "axial" eine Richtung parallel zur Drehachse oder zur Längsrichtung der Wellen 10 verstanden. Die beiden Wellen 10 sind parallel zueinander gelagert.

[0071] Zur Kraftübertragung zwischen Rotoren 30 und zugehöriger Welle 10 sind Kraftübertragungselemente 26 vorhanden. Am Umfang jeder Welle 10 befinden sich mehrere radial aus der Welle 10 hervorstehende Kraftübertragungselemente 26, welche in den jeweiligen Rotor 30 hineinragen. Dadurch drehen sich die Rotoren 30 nur gemeinsam mit der jeweiligen Welle 10. Im Gegensatz zu herkömmlichen Drehkolbenmotoren bieten die Kraftübertragungselemente 26 jedoch ein gewisses Spiel für eine Beweglichkeit zwischen einem der Rotoren 30 und der zugehörigen Welle 10, was später näher beschrieben wird.

[0072] Im Unterschied zu bekannten Drehkolbenmotoren ist außerdem innerhalb jeder Welle 10 ein jeweiliger Lüftungskanal 11 gebildet. Über den Lüftungskanal 11 kann ein Be- oder Entlüften des Motorraums 3 erfolgen, was im Späteren detaillierter dargelegt wird.

[0073] Zwischen einer Stirnseite der Rotoren 30 und einer hierzu parallelen Grundseite des Motorenraumgehäuses 2 kann eine Dichtplatte 60 angeordnet sein. Durch die Dichtplatte 60 ist die Stirnseite der Rotoren 30 von der ebenen Grundseite des Motorenraumgehäuses 2 getrennt. Unter einer Stirnseite der Rotoren 30 soll eine Seite verstanden werden, welche senkrecht zur Drehachse der Rotoren 30 steht und somit auch im Wesentlichen senkrecht zur äußeren Mantelfläche der Rotoren 30. Im gezeigten Beispiel ist die Dichtplatte 60 unterhalb der Rotoren 30 teilweise sichtbar. Eine gleichartige Dichtplatte kann im zusammengebauten Zustand oberhalb der Rotoren 30, zu einer Abdeckung des Motorraumes hin, ergänzt sein.

[0074] Als nächstes wird der Aufbau eines Rotors 30 näher mit Bezug auf die folgenden Figuren beschrieben.

FIG. 2 und 3

[0075] FIG. 2 zeigt Komponenten eines Rotors 30 mit zugehöriger Welle 10. Als Explosionsdarstellung sind der

Rotor 30 und die Welle 10 in FIG. 3 dargestellt.

[0076] Beide Rotoren 30 des Drehkolbenmotors können in gleicher Weise gebildet sein.

[0077] Durch die erfindungsgemäße Gestaltung wird ein besonders reibungsarmer Lauf der Rotoren 30 erreicht, wobei Verkantungen zwischen den Rotoren 30 oder reibende Kontakte zu den Dichtplatten an den Grundseiten des Motorenraumgehäuses vermieden werden. Hierfür ist eine zweiteilige Gestaltung des Rotors 30 mit beweglicher Lagerung an einer speziell geformten Welle 10 relevant, sowie die Be- und Entlüftung des Motorraums mit Lüftungskanälen.

[0078] Wie in FIG. 3 gezeigt, umfasst der Rotor 30 zwei Rotorscheiben 31, 32, welche auf derselben Wellen 10 gelagert sind. Zur besseren Sichtbarkeit des Aufbaus ist in FIG. 2 nur eine der beiden Rotorscheiben 31, 32 gezeigt. In einem Axialabschnitt der Welle 10, in welchem die Rotorscheiben 31, 32 gehalten sind, ist eine Mantelfläche der Welle 10 nicht gerade, insbesondere nicht parallel zur Drehachse der Welle 10, sondern konvex bzw. rundlich gebogen und dadurch verdickt. So bildet die Welle 10 einen Kugelkopf 16, an dem die Rotorscheiben 31, 32 gelagert sind.

[0079] Die beiden Rotorscheiben 31, 32 verfügen jeweils über eine mittige Bohrung 34 bzw. axiale Öffnung, durch welche die Welle 10 ragt. Wie am besten aus FIG. 3 ersichtlich, ist die Innenfläche jeder Rotorscheibe 31, 32, welche die Bohrung 34 definiert, passend zu der rundlichen Form des Kugelkopfes 16 gestaltet. Die Innenfläche der Rotorscheiben 31, 32 ist somit nicht gerade oder parallel zur Drehachse, sondern hat eine konkave Form. Dadurch bildet jede Innenfläche eine pfannenförmige Vertiefung 34 oder Kugelpfanne, analog zur Form des Kugelkopfes 16. Durch diese Form variiert ein Durchmesser der Bohrung 34 einer Rotorscheibe 31, 32. Der Durchmesser der Bohrung 34 wächst in axialer Richtung monoton in Richtung zur jeweils anderen Rotorscheibe 32, 31 hin.

[0080] Durch die Lagerung der Rotorscheiben 31, 32 an dem Kugelkopf 16 der Welle 10 können sich die Rotorscheiben 31, 32 geringfügig gegenüber der Welle 10 bewegen, insbesondere neigen. Dies ist wichtig, um unter anderem ein Verkanten und Stehenbleiben des Motors beim Ineinandergreifen der Zahnkränze verschiedener Rotoren zu vermeiden. Da die Zahnkränze abdichtend ineinandergreifen, ist ein Kontakt notwendig. Gleichzeitig kann eine gewisse (im Stand der Technik in der Regel unerwünschte) Neigung der Rotoren, auch bei herkömmlichen starr mit der Welle verbundenen Rotoren, nie ganz vermieden werden. Bei einer Neigung können abdichtend ineinandergreifende Zahnkränze jedoch leicht verkanten bzw. mit einer Gehäusewand/Dichtungsplatte kollidieren. Um dem entgegenzuwirken, ist die zweiteilige Rotorengestaltung relevant, durch welche gegenüber einem einteiligen Rotor die Radialabmessung jeder Rotorscheibe nur halb so groß ist, womit die Ausschlagslänge bei einem bestimmten Neigungswinkel vorteilhafterweise entsprechend kleiner ist. Hier-

für ist aber auch relevant, dass die beiden Rotorscheiben 31, 32 nicht starr miteinander gekoppelt sind, sondern eine Beweglichkeit zwischen den Rotorscheiben 31, 32 möglich ist. Dazu wird eine Rotorenfederung verwendet, das heißt ein Federelement 50 aus z.B. Silikon oder einem anderen verformbaren Material. Das Federelement 50 befindet sich zwischen den beiden Rotorscheiben 31, 32, die zusammen einen Rotor 30 bilden. Bei einer Neigung oder Bewegung einer der Rotorscheiben 31, 32 wird das Federelement 50 verformt, ohne dass die andere der Rotorscheiben 32, 31 sich identisch neigen oder bewegen müsste. Das Federelement 50 kann ringförmig um die Welle 10 gebildet sein. Unter ringförmig wird dabei verstanden, dass das Federelement 50 eine geschlossene Form um die Welle 10 bildet, wobei es aber nicht eine Kreisform in einem Querschnitt senkrecht zur Drehachse der Rotoren haben muss. Im gezeigten Beispiel hat es eher die Form eines vierblättrigen Kleeblatts, wobei die Anzahl an Blättern bzw. radial nach außen hervorstehenden Bereichen des Federelements 50 gleich der Anzahl an Arbeitszähnen 40 plus zugehöriger Aussparungen 41 sein kann. Durch die Abweichung von einer Kreisform werden die Stabilität und Positionssicherheit des Federelements 50 erhöht. Wie in FIG. 3 gezeigt, kann jede Rotorscheibe 31, 32 auf ihrer Stirnseite, welche der jeweils anderen Rotorscheibe zugewandt ist, eine Aufnahmerille 38 für das Federelement 50 haben. Die Form der Aufnahmerille 38 entspricht der Form des Federelements 50. Ein Durchmesser des Federelements 50 (das heißt dessen Abmessung in Axialrichtung der Welle 10) ist geringfügig größer als die Summe der Tiefen der Aufnahmerillen 38 beider Rotorscheiben 31, 32 (das heißt der Abmessungen der Aufnahmerillen 38 in Axialrichtung der Welle 10), so dass ein dichtender Kontakt zwischen den Rotorscheiben 31, 32 durch das Federelement 50 erreicht wird und eine gewisse Beweglichkeit zwischen den Rotorscheiben 31, 32 bei weiterhin bestehendem dichtenden Kontakt möglich ist.

[0081] Eine Kraftübertragung zwischen den Rotorscheiben 31, 32 und der Welle 10 erfolgt über Kraftübertragungselemente 26. Die Welle 10 verfügt an ihrer Mantelfläche über Aufnahmen/Ausfräsungen 17, wobei in jede Aufnahme 17 eines der Kraftübertragungselemente 26 eingesetzt ist. Die Kraftübertragungselemente 26 ragen radial zumindest teilweise aus den Aufnahmen 17 heraus und in entsprechende Aufnahmenuten (Kerben) 36 in den Rotorscheiben 31, 32 hinein. Die Aufnahmenuten 36 sind an den pfannenförmigen Vertiefungen 35 der Rotorscheiben 31, 32 gebildet.

[0082] Die Aufnahmenuten 36 können sich wie dargestellt in Axialrichtung über die gesamte Länge beider Rotorscheiben 31, 32 erstrecken (oder alternativ zumindest über die gesamte Länge von einer der Rotorscheiben 31, 32 und von dort weiter in die andere Rotorscheibe hinein). Hierdurch können beim Zusammenbau des Motors zunächst die Kraftübertragungselemente 26 in die Aufnahmen 17 der Welle 10 eingesteckt werden (wobei

die Steckrichtung eine radiale Richtung ist), und anschließend können die beiden Rotorscheiben 31, 32 in axialer Richtung auf die Welle 10 geschoben werden. Dabei werden die beiden Rotorscheiben 31, 32 von entgegengesetzten Axialenden auf die Welle 10 geschoben und eine Drehstellung der Rotorscheiben 31, 32 wird so gewählt, dass der aus der Welle 10 hervorstehende Teil der Kraftübertragungselemente 26 in axialer Richtung in die Aufnahmenuten 36 hinein geschoben wird.

[0083] Die FIG. 2 und 3 zeigen außerdem, wie die Dichtleisten 20 an den Rotorscheiben 31, 32 gehalten sind. Jeder Arbeitszahn 40 der Rotorscheiben 31 und 32 enthält einen Aufnahmeschlitz 42, welcher sich blattförmig in radialer und axialer Richtung im Arbeitszahn 40 erstreckt. Eine Dichtleiste 20 hat eine Platten- oder Blattform und ist in den Aufnahmeschlitz 42 der Rotorscheibe 31 und den hierzu ausgerichteten Aufnahmeschlitz 42 der Rotorscheibe 32 eingesetzt. Damit die Dichtleiste 20 nicht in radialer Richtung aus dem Aufnahmeschlitz 42 austreten kann, hat die Dichtleiste 20 ein Dichtleistenloch 21, in welches ein Verriegelungselement 22 eingesetzt ist. Das Verriegelungselement 22 ragt senkrecht aus der durch die plattenförmige Dichtleiste 20 definierten Ebene heraus (diese Ebene der Dichtleiste 20 erstreckt sich in radialer und axialer Richtung). Der Aufnahmeschlitz 42 hat mittig in radialer Richtung eine Verbreiterung zur Aufnahme des Verriegelungselements 22. Für einen Zusammenbau des Motors wird zunächst die in FIG. 2 gezeigte Situation hergestellt, in welcher erst eine der Rotorscheiben (hier die Rotorscheibe 31) auf die Welle 10 gesetzt ist und die Dichtleiste 20 zusammen mit dem zugehörigen Verriegelungselement 22 in den Aufnahmeschlitz 42 der Rotorscheibe 31 (in axialer Richtung) eingeschoben wird. Danach wird die zweite Rotorscheibe 32 auf die Welle geschoben und in diesem Zuge wird das Verriegelungselement 22 in den Aufnahmeschlitz 42 der beiden Rotorscheiben 31, 32 eingeschlossen.

[0084] Jeder Aufnahmeschlitz 42 mündet in radialer Richtung in eine Zylinderbohrung 43, welche breiter als der Aufnahmeschlitz 42 ist. Eine Längsrichtung der Zylinderbohrung 43 ist parallel zur Axialrichtung der Welle 10. Die Zylinderbohrung 43 erstreckt sich vorzugsweise, wie dargestellt, in Axialrichtung vollständig durch beide Rotorscheiben 31, 32 hindurch. In jeder Zylinderbohrung 43 ist eine Dichtleistenfederung 23 aufgenommen. Die Dichtleiste 20 ist so dimensioniert, dass sie in die Zylinderbohrung 43 hinein und gegen die Dichtleistenfederung 23 ragt. Dadurch wird die Dichtleistenfederung 23 in Radialrichtung komprimiert und drückt die Dichtleiste 20 radial nach außen. Dies ist, zumindest bei niedrigen Drehzahlen des Motors, die maßgebliche Kraft für eine dichtende Wirkung zwischen den Dichtleisten 20 und dem Motorraumgehäuse.

[0085] Wie am besten in FIG. 3 sichtbar, kann die Dichtleiste 20 an ihren beiden Enden in axialer Richtung weiter in die Zylinderbohrung 43 hineinragen als in ihrem mittigen Bereich, wodurch zwei radial hervorstehende Verschlussflügel 24 gebildet werden. Die Verschlussflü-

gel 24 verhindern, dass die Dichtleistenfederung 23 axial aus der Zylinderbohrung 43 austreten kann. Hierfür befindet sich die Dichtleistenfederung 23 in axialer Richtung gesehen zwischen den beiden Verschlussflügeln 24.

[0086] Die Verschlussflügel 24 verhindern zwar ein Austreten der Dichtleistenfederung 23 axial aus der Zylinderbohrung 43, dichten aber nicht die Zylinderbohrung 43 ab. Dadurch können ein Druckausgleich bzw. ein gewisser Fluidstrom durch die Zylinderbohrung 43 erfolgen. Andernfalls würde der steigende Druck im Motorraum dem Druck der Dichtleistenfederung 23 gegen die Dichtleiste 20 übermäßig entgegenwirken. Insbesondere bei einer Gestaltung der Dichtleistenfederung 23 als hohler Schlauch ist dies relevant. Alternativ zu einem hohlen Schlauch kann auch eine Silikonschnur aus einem Vollmaterial oder eine Schnur aus einem anderen elastisch verformbaren Material als Dichtleistenfederung 23 verwendet werden.

[0087] Der Drehkolbenmotor der Erfindung nutzt auch eine spezielle Be- und Entlüftung, welche bedeutsam ist, um unerwünschte Druckpolster zu vermeiden und so den Freiheitsgrad zwischen den Rotoren und den Rotorscheiben 31, 32 zu bewahren und einen reibenden Kontakte an den Dichtplatten (und auch Verformungen der Dichtplatten, welche zu einer Zerstörung der Dichtplatten führen könnten) zu vermeiden. Dazu wird ein Lüftungskanal in jeder Welle genutzt. Die FIG. 2 und 3 zeigen eine axiale Lüftungsöffnung 12 des Lüftungskanals an einem Axialende der Welle 10 sowie mehrere radiale Lüftungsöffnungen 13, 14 und 15 an der Mantelfläche der Welle 10. Der Lüftungskanal wird näher mit Bezug auf die folgenden Figuren beschrieben.

FIG. 4 bis 6

[0088] FIG. 4 zeigt einen Querschnitt durch einen Rotor 30 mit zugehöriger Welle 10. Der Querschnitt ist ein Schnitt mittig entlang der Längsachse der Welle 10. FIG. 5 zeigt eine zugehörige Seitenansicht und FIG. 6 eine Perspektivansicht. Zur besseren Sichtbarkeit der Lüftungsöffnungen ist in den FIG. 5 und 6 der Rotor 30 nicht gezeigt.

[0089] Wie am besten in FIG. 4 ersichtlich, hat die Welle 10 eine axiale Bohrung, welche einen Axialkanal / Axialabschnitt 12A des Lüftungskanals 11 bildet. Der Lüftungskanal 10 erstreckt sich ab einem axialen Ende der Welle 10, wo eine Axialöffnung / axiale Lüftungsöffnung 12 gebildet ist. Der Axialabschnitt 12A kann optional sacklochförmig innerhalb der Welle 10 enden oder alternativ durchgängig bis an das gegenüberliegende Axialende der Welle 10 verlaufen und dort eine Axialöffnung bilden.

[0090] Wichtig sind radiale Lüftungsöffnungen 13, 14, 15, welche an der Mantelfläche der Welle 10 gebildet sind. Als Mantelfläche wird die Außenseite der Welle 10, welche nicht eine der beiden Axialenden ist, verstanden. Die radialen Lüftungsöffnungen 13, 14, 15 sind mit dem

Axialabschnitt 12A verbunden, nämlich durch Radialkanäle / Radialabschnitte 13A, 14A, 15A des Lüftungskanals 11. Im dargestellten Beispiel verlaufen die Radialabschnitte 13A, 14A, 15A radial vom Axialabschnitt 12A aus nach außen. Alternativ können die Radialabschnitte 13A, 14A, 15A aber auch eine Axialkomponente haben und somit nicht senkrecht, sondern schräg zum Axialabschnitt 12A verlaufen.

[0091] Die radialen Lüftungsöffnungen 13, 14 und 15 befinden sich an unterschiedlichen Positionen in Axialrichtung. In der Schnittansicht von FIG. 4 sind nur eine radiale Lüftungsöffnung 13, eine radiale Lüftungsöffnung 14 und eine radiale Lüftungsöffnung 15 sichtbar. Es sind jedoch in Umfangsrichtung um die Welle 10 verteilt jeweils mehrere radiale Lüftungsöffnungen 13, mehrere radiale Lüftungsöffnungen 14 und mehrere radiale Lüftungsöffnungen 15 vorhanden, z.B. jeweils drei.

[0092] Die radialen Lüftungsöffnungen 15 befinden sich mittig in axialer Richtung, das heißt mittig am Kugelpfopf 16 der Welle 10. Die radialen Lüftungsöffnungen 13 befinden sich an bzw. neben einer oberen Grundseite 32A des Rotors 30, welche eine Grundseite/Stirnseite der Rotorscheibe 32 zur Gehäusewand hin (nicht zur anderen Rotorscheibe 31 hin) ist. Analog befinden sich die radialen Lüftungsöffnungen 14 an bzw. neben einer unteren Grundseite 31A des Rotors 30, welche eine Grundseite/Stirnseite der Rotorscheibe 31 zur Gehäusewand hin (nicht zur anderen Rotorscheibe 32 hin) ist.

[0093] Die radialen Lüftungsöffnungen 13-15 dienen einer Be-/Entlüftung von Bereichen des Motorraums, wobei eine Luftströmung in FIG. 4 mit gestrichelten Linien veranschaulicht ist. Die radialen Lüftungsöffnungen 15 führen zu dem Bereich zwischen den Rotorhälften, das heißt zwischen den Rotorscheiben 31 und 32. Wie in FIG. 4 gezeigt, kann jedes Kraftübertragungselement 26 hierfür einen jeweiligen Lüftungsdurchlass 27 aufweisen, das heißt ein Loch, das radial (bezüglich der Welle 10) durch das Kraftübertragungselement 26 verläuft. Die radialen Lüftungsöffnungen 15 fördern einen Druckausgleich im Bereich zwischen den Rotorscheiben 31 und 32 in Bezug auf den übrigen Motorraum. Andernfalls könnten ungewollte Druckverhältnisse der Beweglichkeit der Rotorscheiben 31 und 32 relativ zueinander entgegenwirken. Beispielsweise wird bei einer Neigung oder Verschiebung der Rotorscheibe 31 relativ zur anderen Rotorscheibe 32 ein Bereich zwischen den Rotorscheiben 31, 32 (insbesondere am Kraftübertragungselement 26 und benachbart zum Federelement 50 vergrößert oder verkleinert, womit das dort befindliche Fluid komprimiert oder entspannt würde. Die damit einhergehenden Druckunterschiede können über die radialen Lüftungskanäle abgebaut werden.

[0094] Die radialen Lüftungsöffnungen 13-15 haben aber auch darüber hinaus gehende Wirkungen: Bei einem Anlaufen des Motors (und noch verhältnismäßig geringen Drehzahlen) steigt der Druck im Motorraum, wobei über die radialen Lüftungsöffnungen 13-15 Arbeitsfluid den Motorraum verlassen kann und dadurch

ungewollten Druckdifferenzen entgegenwirkt, welche zu Verkantungen der Rotoren 30 oder übermäßiger Reibung zwischen Rotoren 30 und Dichtplatten 60 führen könnten. Andernfalls könnte Arbeitsfluid beim Anlaufen des Motors die Rotoren auseinanderdrücken und zu einer Leckage führen. Mit zunehmender Drehzahl des Motors steigt die Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluides im Motorraum, und im Lüftungskanal 11 kommt es zu einer Umkehr der Strömungsrichtung. Es verlässt nicht mehr Arbeitsfluid den Motorraum durch den Lüftungskanal 11, vielmehr strömt ein Fluid (z.B. Umgebungsluft) über den Lüftungskanal 11 in den Motorraum ein. In einem Dauerbetrieb des Drehkolbenmotors mit Druckluft als Arbeitsfluid wurde beispielhaft ein Verhältnis von ca. 82:69 zwischen Druckluft, die über den Auslass ausströmt, und Druckluft, die über den Einlass einströmt, gemessen.

[0095] Die über die Lüftungskanäle einströmende Luft bildet insbesondere einen reibungsarmen Luftfilm zwischen dem Rotor 30 und den Dichtplatten am Motorraumgehäuse. Die Strömung an den Dichtplatten sowie der Aufbau der Dichtplatte wird weiter mit Bezug auf die folgenden Figuren beschrieben.

FIG. 7 bis 9

[0096] FIG. 7 zeigt schematisch eine Perspektivansicht einer Dichtplatte 60. FIG. 8 ist ein Querschnitt eines Abschnitts des Drehkolbenmotors 1 und zeigt die Positionierung der Dichtplatten 60. FIG. 9 ist ein Foto des geöffneten Motorenraumgehäuses 2 und zeigt eine der Dichtplatten 60 an einer Grundseite (Gehäusegrundfläche) des Motorraumes. In FIG. 9 unterscheidet sich grafisch das metallische Motorenraumgehäuse 2 von dem dunkleren Material der elastisch verformbaren Dichtplatte 60. Die FIG. 7 und 8 sind für eine bessere Sichtbarkeit von Komponenten schematisiert, womit Größenverhältnisse und Lücken zwischen Komponenten nicht zwingend konkreten Umsetzungen entsprechen.

[0097] Wie am besten in FIG. 7 ersichtlich, umfasst die Dichtplatte 60 zwei Öffnungen 61, durch welche sich im zusammengebauten Zustand die beiden Wellen 10 erstrecken. Die Öffnungen 61 können im Wesentlichen eine Kreisform haben. Die Kreisform wird jedoch durch eine oder mehrere Entlüftungsnuten 65 unterbrochen, im dargestellten Beispiel drei Entlüftungsnuten 65. Durch die Entlüftungsnuten 65 wird die Öffnung 61 radial vergrößert. Die Entlüftungsnut 65 bietet im zusammengebauten Zustand eine fluidische Verbindung zwischen einer Stirnseite 62 der Dichtplatte 60, welche den Rotoren 30 zugewandt ist, und einer gegenüberliegenden Rückseite 63 der Dichtplatte 60, welche dem Motorraumgehäuse zugewandt ist, das heißt den Gehäusegrundflächen 6 und 7, siehe insbesondere FIG. 8. Je nach Drehstellung der Welle 10 ist die Entlüftungsnut 65 direkt an der Lüftungsöffnung 13 oder 14 und ist fluidisch mit dieser verbunden. Außerdem ist um die Öffnung 61 eine

ringförmige Vertiefung 64 auf der Rückseite 63 der Dichtplatte 60 gebildet. Im Bereich der ringförmigen Vertiefung 64 hat die Öffnung 61 somit einen größeren Durchmesser als über ihren übrigen Axialbereich. Somit bildet die ringförmige Vertiefung 64 einen ringförmigen freien Bereich. Über diesen kann gegebenenfalls hinter der Dichtplatte 60 befindliches Fluid entweichen und weiter über die Entlüftungsnut 65 und den radialen Lüftungsöffnungen 13 oder 14 (bei niedrigen Drehzahlen) aus dem Motorraum austreten.

[0098] Die Entlüftungsnuten 65 der Dichtplatte 60 sind bedeutsam, damit (Arbeits-)Fluid, das sich zwischen der Dichtplatte 60 und dem Motorraumgehäuse 2 befinden könnte, ausströmen kann. Insbesondere kann die Dichtplatte 60 gegen das Motorraumgehäuse 2 gedrückt werden, ohne dass sich dabei Lufttaschen / Fluidpolster zwischen der Dichtplatte 60 und dem Motorraumgehäuse 2 bilden, da über die Entlüftungsnuten 65 das Fluid entweichen kann. Hierdurch werden Verformungen der Dichtplatte 60 vermieden, welche zu einer Kollision mit einem der Rotoren 30 führen könnten.

[0099] Im Fall von Druckluft als Arbeitsfluid wirkt in den Motorraum strömende Druckluft nicht nur auf die Rotoren 30, sondern auch stirnseitig auf die Dichtplatten 60, die eine sehr große Angriffsfläche bieten. Ohne Entlüftungsnuten 65 droht es dabei zu Verformungen zu kommen, d.h. die Dichtplatten 60 verbiegen sich und klemmen die Rotoren 30 ein, so dass der Motor schlechter oder gar nicht anläuft. Zudem können die Dichtplatten 60 zerstört werden. Durch die Entlüftungsnuten 65 kann die Druckluft beim Starten des Motors die Entlüftungsnuten 65 passieren und über kleine Kanäle abgeblasen werden. Dadurch entsteht, bevor die Rotoren 30 drehen, ein Druckausgleich, welcher verhindert, dass sich die Dichtplatten 60 verbiegen. Mit erhöhter Drehzahl der Rotoren 30 entsteht ein Unterdruck, welcher Luft von außen über die Entlüftungsnuten 65 in den Arbeitsraum einsaugt. Dadurch bildet sich ein Luftpolster zwischen der Stirnseite 62 und den Rotoren 30, so dass es keine Berührung zwischen den Rotoren-Stirnflächen und der Dichtplatte 60 gibt.

[0100] Durch die Lüftungskanäle und das zweiteilige Rotordesign können somit Reibungen, Verkantungen und Verklemmungen vermieden werden, so dass ein besonders hoher Wirkungsgrad bei minimalem Verschleiß resultiert.

FIG. 10

[0101] Zur Vollständigkeit wird in FIG. 10 schematisch ein Drehkolbenmotor mit geschlossenem Motorraumgehäuse gezeigt. Der Einlass 4 für Arbeitsfluid ist sichtbar. Außerdem ist gezeigt, dass die axialen Lüftungsöffnungen 12 der beiden Welle 10 zu einer Umgebung des Drehkolbenmotors führen, so dass Umgebungsluft über die axialen Lüftungsöffnungen 12 eintreten kann.

[0102] Drehkolbenmotoren in der beschriebenen Art können für verschiedene Anwendungen und mit ver-

schiedenen Arbeitsfluiden genutzt werden. Als Beispiel ist im oberen Bereich von FIG. 10 (und im unteren Bereich von FIG. 1) eine Welle gezeigt, welche einer variablen Übersetzung dient und an welche Lasten angeschlossen werden können. Alternativ können Lasten aber auch direkt an die Rotorenwellen angeschlossen werden.

[0103] Die zu den verschiedenen Figuren beschriebene Eigenschaften können miteinander kombiniert werden. Die beschriebenen Ausführungsbeispiele sind rein illustrativ und Abwandlungen hiervon sind im Rahmen der beigefügten Ansprüche möglich.

Bezugszeichenliste

[0104]

1	Drehkolbenmotor	42
2	Motorenraumgehäuse	
3	Motorraum	20 43
4	Einlass für Arbeitsfluid	
5	Auslass für Arbeitsfluid	50
6, 7	einander gegenüberliegende Gehäusegrundflächen, welche den Motorraum 3 definieren	60 61
10	Welle eines Rotors 30	25 62
11	Lüftungskanal in der Welle 10	
12A	Axialabschnitt des Lüftungskanals 11	63
12	axiale Lüftungsöffnung der Welle	
13, 14, 15	radiale Lüftungsöffnungen für Be- / Entlüftung von Bereichen des Motorraums	30 64
13A, 14A, 15A	Radialabschnitte des Lüftungskanals 11	65
16	Kugelkopf der Welle	35
17	Aufnahme/Ausfräsung für das Kraftübertragungselement (und versehen mit Lüftungsöffnung 15 zum Be-/Entlüften des Kugelbereichs)	
20	Dichtleiste	40
21	Dichtleistenloch für Verriegelungselement 22	
22	Verriegelungselement für die Dichtleiste	
23	Dichtleistenfederung (Rundschnur, Silikon-Vollmaterial)	45
24	Radial hervorstehende Verschlussflügel der Dichtleiste 20	
26	Kraftübertragungselemente	
27	Lüftungsdurchlass der Kraftübertragungselemente 26	50
30	Rotoren, jeweils gebildet durch zwei Rotorscheiben 31, 32	
31, 32	Rotorscheiben des zweiteiligen Rotors	55
31A	Untere Grundseite des Rotors / Stirnseite der Rotorscheibe 31 zur Gehäusewand hin	

32A

34

5

35

36

10

38

39

40

15

41

Obere Grundseite des Rotors / Stirnseite der Rotorscheibe 32 zur Gehäusewand hin

Bohrung/Öffnung der Rotoren bzw. Rotorscheiben für die Welle

Kugelpfanne / pfannenförmige Vertiefung der Rotorscheibe 31, 32

Aufnahmenuten in den Rotorscheiben für die Kraftübertragungselemente 26

Aufnahmerille in den Rotorscheiben 31, 32 für die Rotorenfederung 50

Zähne der Rotorscheiben 31, 32

Arbeitszähne der Rotoren 30

Aussparungen eines Rotors zum Eingreifen der Arbeitszähne des anderen Rotors

Aufnahmeschlitz im Arbeitszahn 40 zur Aufnahme der Dichtleiste 20

Zylinderbohrung zur Aufnahme der Dichtleistenfederung 23

Rotorenfederung / Federelement

Dichtplatte

Öffnungen der Dichtplatte für die Wellen

Stirnseite der Dichtplatte, welche den Rotoren zugewandt ist

Rückseite der Dichtplatte, welche am Motorraumgehäuse anliegt

ringförmige Vertiefung auf der Stirnseite der Dichtplatte

Entlüftungsnuten an den Öffnungen der Dichtplatte

Patentansprüche

1. Ein Drehkolbenmotor, umfassend:

einen Motorraum (3), in welchem zwei Rotoren (30) auf einer jeweiligen Welle (10) angeordnet sind, wobei die Rotoren (30) ineinandergreifende Zähne (39) aufweisen, wobei der Motorraum (3) einen Einlass (4) und einen Auslass (5) für ein Arbeitsfluid aufweist und die Rotoren (30) durch das Arbeitsfluid antreibbar sind,

dadurch gekennzeichnet,

dass jede Welle (10) einen Kugelkopf (16) aufweist, auf welchem der jeweilige Rotor (30) gelagert ist,

dass jeder Rotor (30) zwei Rotorscheiben (31, 32) aufweist, welche auf derselben Welle (10) gelagert sind und zusammen den Kugelkopf (16) umgeben,

wobei in jeder Welle (10) ein Lüftungskanal (11) gebildet ist, über welchen der Motorraum (3) mit einer Umgebung außerhalb des Motorraums (3) zum Be- oder Entlüften des Motorraums (3) verbunden ist.

2. Der Drehkolbenmotor nach dem unmittelbar vorstehenden Anspruch,

wobei der Lüftungskanal (11) einen Axialabschnitt (12A) umfasst, welcher axial innerhalb der Welle (10) verläuft und sich bis an eine axiale Lüftungsöffnung (12) der Welle (10) erstreckt, wobei sich die Welle (10) aus dem Motorraum (3) heraus erstreckt und sich die axiale Lüftungsöffnung (12) außerhalb des Motorraums (3) befindet.

3. Der Drehkolbenmotor nach dem unmittelbar vorstehenden Anspruch,

wobei jede Welle (10) an ihrer Mantelfläche Lüftungsöffnungen (13-15) aufweist, welche über Radialabschnitte (13A-15A) des Lüftungskanals (11) mit dem Axialabschnitt (12A) verbunden sind, wobei mindestens eine der Lüftungsöffnungen (15) im Kugelkopf (16) gebildet ist.

4. Der Drehkolbenmotor nach Anspruch 2 oder 3,

wobei axiale Enden des Rotors (30) durch eine obere und eine untere Grundseite (31A, 32A) gebildet sind, wobei sich zumindest mehrere der Lüftungsöffnungen (13, 14) in Axialrichtung gesehen neben den axialen Enden des Rotors (30) befinden.

5. Der Drehkolbenmotor nach dem unmittelbar vorstehenden Anspruch,

wobei der Motorraum (3) durch zwei gegenüberliegende Gehäusegrundflächen (6, 7) begrenzt wird, wobei die Gehäusegrundflächen (6, 7) parallel zu Grundseiten (31A, 32A) der Rotoren (30) und somit senkrecht zu einer jeweiligen Drehachse der Rotoren (30) stehen, wobei zwischen den Grundseiten (31A, 32A) der Rotoren (30) und der jeweils benachbarten Gehäusegrundfläche (6, 7) eine jeweilige Dichtplatte (60) angeordnet ist, wobei sich zumindest einige der Lüftungsöffnungen (13, 14) benachbart zur Dichtplatte (60) befinden.

6. Der Drehkolbenmotor nach dem unmittelbar vorstehenden Anspruch,

wobei jede Dichtplatte (60) zwei Öffnungen (61) umfasst, durch welche sich die Wellen (10) der zwei Rotoren (30) erstrecken, wobei die zwei Öffnungen (61) jeweils als Kreisform mit zusätzlicher Entlüftungsnut (65) geformt sind, wobei ein Durchmesser der Kreis-

form entsprechend zu einem Durchmesser der Wellen (10) gewählt ist und die Entlüftungsnut (65) einen Luftkanal an der Welle (10) entlang zwischen gegenüberliegenden Seiten der Dichtplatte (60) bereitstellt.

7. Der Drehkolbenmotor nach Anspruch 5 oder 6, wobei die Dichtplatte (60) an den zwei Öffnungen (61) auf einer den Rotoren (30) abgewandten Rückseite (63) jeweils eine ringförmige Vertiefung (64) aufweist, wobei sich neben der ringförmigen Vertiefung (64) eine oder mehrere der Lüftungsöffnungen (13, 14) der Welle (10) befinden.

8. Der Drehkolbenmotor nach einem der vorstehenden Ansprüche,

wobei die Rotorscheiben (31, 32), die denselben Rotor (30) bilden, an ihren einander zugewandten Seiten jeweils eine pfannenförmige Vertiefung (35) aufweisen, welche auf dem Kugelkopf (16) aufliegt und entsprechend dem Kugelkopf (16) geformt ist; wobei die Rotorscheiben (31, 32) in einer Mitte ihrer pfannenförmigen Vertiefungen (35) jeweils eine Öffnung (34) aufweisen, durch welche sich die Welle (10) hindurch erstreckt; und wobei sich die zwei Rotorscheiben (31, 32) in Axialrichtung jeweils bis zu einer Mitte des Kugelkopfes (16) erstrecken.

9. Der Drehkolbenmotor nach einem der vorstehenden Ansprüche,

wobei Kraftübertragungselemente (26) zur Kraftübertragung zwischen den Rotorscheiben (31, 32) und der Welle (10) vorhanden sind, wobei sich jedes Kraftübertragungselement (26) von einer Aufnahme (17) in der Welle (10) bis in eine Aufnahmenut (36) in den Rotorscheiben (31, 32) erstreckt.

10. Der Drehkolbenmotor nach dem unmittelbar vorstehenden Anspruch,

wobei die Kraftübertragungselemente (26) mit Spiel in den Aufnahmenuten (36) der Rotorscheiben (31, 32) und/oder den Aufnahmen (17) der Welle (10) gehalten sind, um eine Beweglichkeit zwischen den Rotorscheiben (31, 32) und der zugehörigen Welle (10) zu erhalten.

11. Der Drehkolbenmotor nach Anspruch 9 oder 10,

wobei in jeder Aufnahme (17), innerhalb des Kugelkopfes (16), eine der Lüftungsöffnungen (15) des Lüftungskanals (11) gebildet ist; wobei jedes Kraftübertragungselement (26) einen Lüftungsdurchlass (27) aufweist, welcher passend zu der im Kugelkopf (16) gebildeten Lüftungsöffnung (15) angeordnet ist und bezüglich

lich der Welle (10) radial nach außen verläuft, um einen Bereich zwischen dem Kugelkopf (16) und den Rotorscheiben (31, 32) zu be- oder entlüften.

12. Der Drehkolbenmotor nach einem der vorstehenden Ansprüche,

wobei jeder Rotor (30) ein Federelement (50) zwischen den Rotorscheiben (31, 32) aufweist, um einen Freiheitsgrad zwischen den Rotorscheiben (31, 32) zu erhalten;
wobei die Rotorscheiben (31, 32) an ihrer einander zugewandten Seite eine Aufnahmerille (38) für das Federelement (50) aufweisen.

13. Der Drehkolbenmotor nach einem der vorstehenden Ansprüche,

wobei die Rotoren (30) radial hervorstehende Arbeitszähne (40) aufweisen, gegen welche das Arbeitsfluid beim Durchströmen des Motorraums (3) drückt und so die Rotoren (30) antreibt;

wobei die Rotoren (30) Aussparungen (41) aufweisen, in welche die Arbeitszähne (40) des jeweils anderen Rotors (30) eingreifen;

wobei jeder Arbeitszahn (40) der Rotoren (30) einen Aufnahmeschlitz (42) aufweist, in welchem eine Dichtleiste (20) angeordnet ist, wobei sich die Dichtleisten (20) radial aus den Arbeitszähnen (40) heraus erstrecken, um eine Dichtung zu einem Motorenraumgehäuse (2) zu bewirken;

wobei jeder Aufnahmeschlitz (42) radial nach innen in eine Zylinderbohrung (43) mündet, wobei in jeder Zylinderbohrung (43) eine Dichtleistenfederung (43) aufgenommen ist, wobei die im Aufnahmeschlitz (42) aufgenommene Dichtleiste (20) in die Zylinderbohrung (43) hineinragt und von der Dichtleistenfederung (43) nach außen gedrückt wird;

wobei die Dichtleiste (20) radial nach innen in die Zylinderbohrung (43) hervorstehende Verschlussflügel (24) aufweist, wobei die Dichtleistenfederung (43) axial zwischen den Verschlussflügeln (24) angeordnet ist, so dass die Verschlussflügel (24) ein axiales Austreten der Dichtleiste (20) aus der Zylinderbohrung (43) verhindern.

14. Der Drehkolbenmotor nach dem unmittelbar vorstehenden Anspruch,

wobei die Dichtleistenfederung (43) ein Silikonfaden ist; oder

wobei die Dichtleistenfederung (43) ein hohler Schlauch ist, welcher fluidisch mit dem Motor-

raum (3) verbunden ist, so dass bei einem Druckaufbau im Motorraum (3) beim Anlaufen der Rotoren (30) durch einströmendes Arbeitsfluid auch im hohlen Schlauch ein Druckaufbau erfolgt, welcher die Dichtleisten (20) nach außen drückt.

15. Ein Verfahren zum Betreiben eines Drehkolbenmotors nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei ein Arbeitsfluid durch den Drehkolbenmotor geleitet wird, um dessen Rotoren (30) anzutreiben.

16. Das Verfahren nach dem unmittelbar vorstehenden Anspruch, wenn dieser von einem der Ansprüche 5-7 abhängt, wobei mit zunehmender Drehzahl der Rotoren (30) Luft über die axialen Lüftungsöffnungen (12) eingesogen wird und zwischen den Dichtplatten (60) und den benachbarten Grundseiten (31A, 32A) der Rotoren (30) strömt, womit es mit zunehmender Drehzahl der Rotoren (30) keinen Kontakt zwischen den Grundseiten (31A, 32A) der Rotoren (30) und den Dichtplatten (60) gibt.

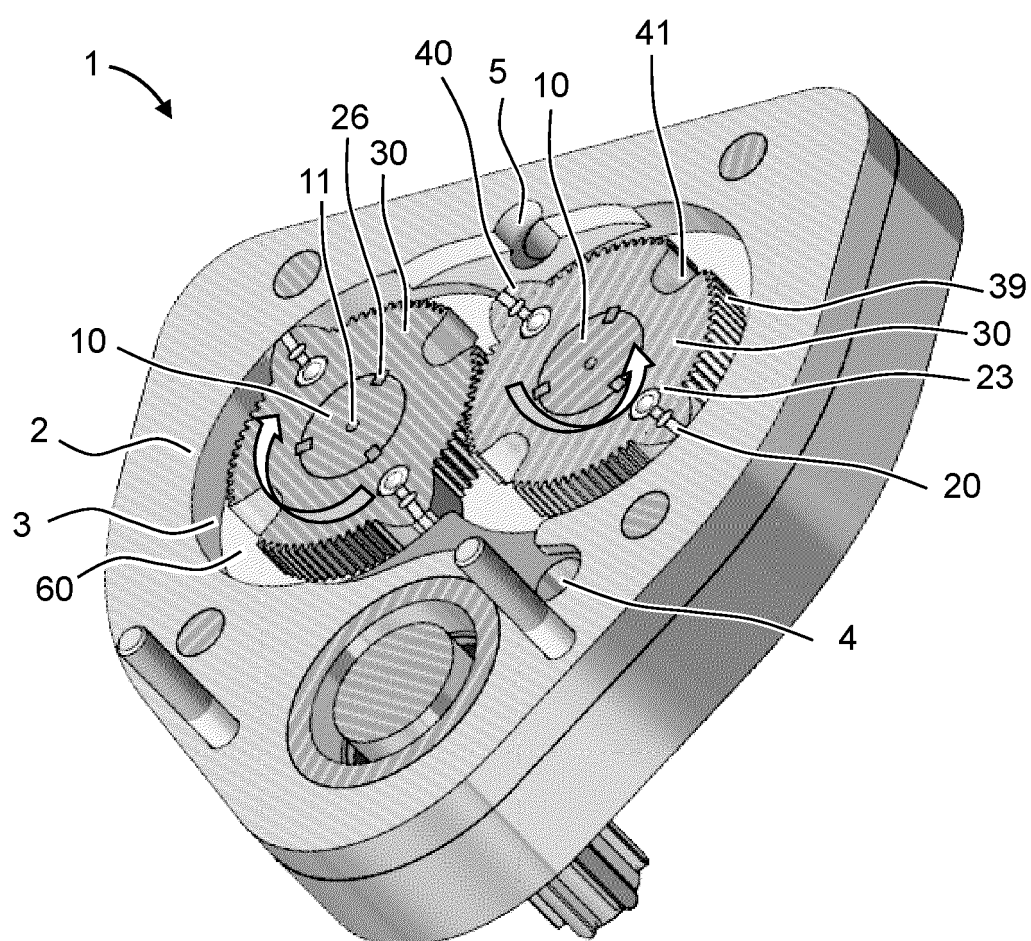


FIG. 1

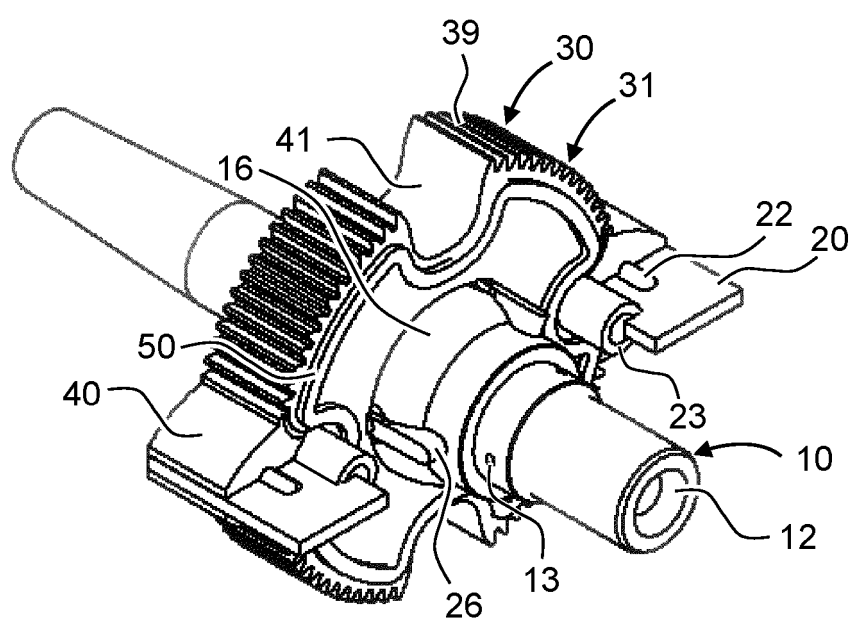


FIG. 2

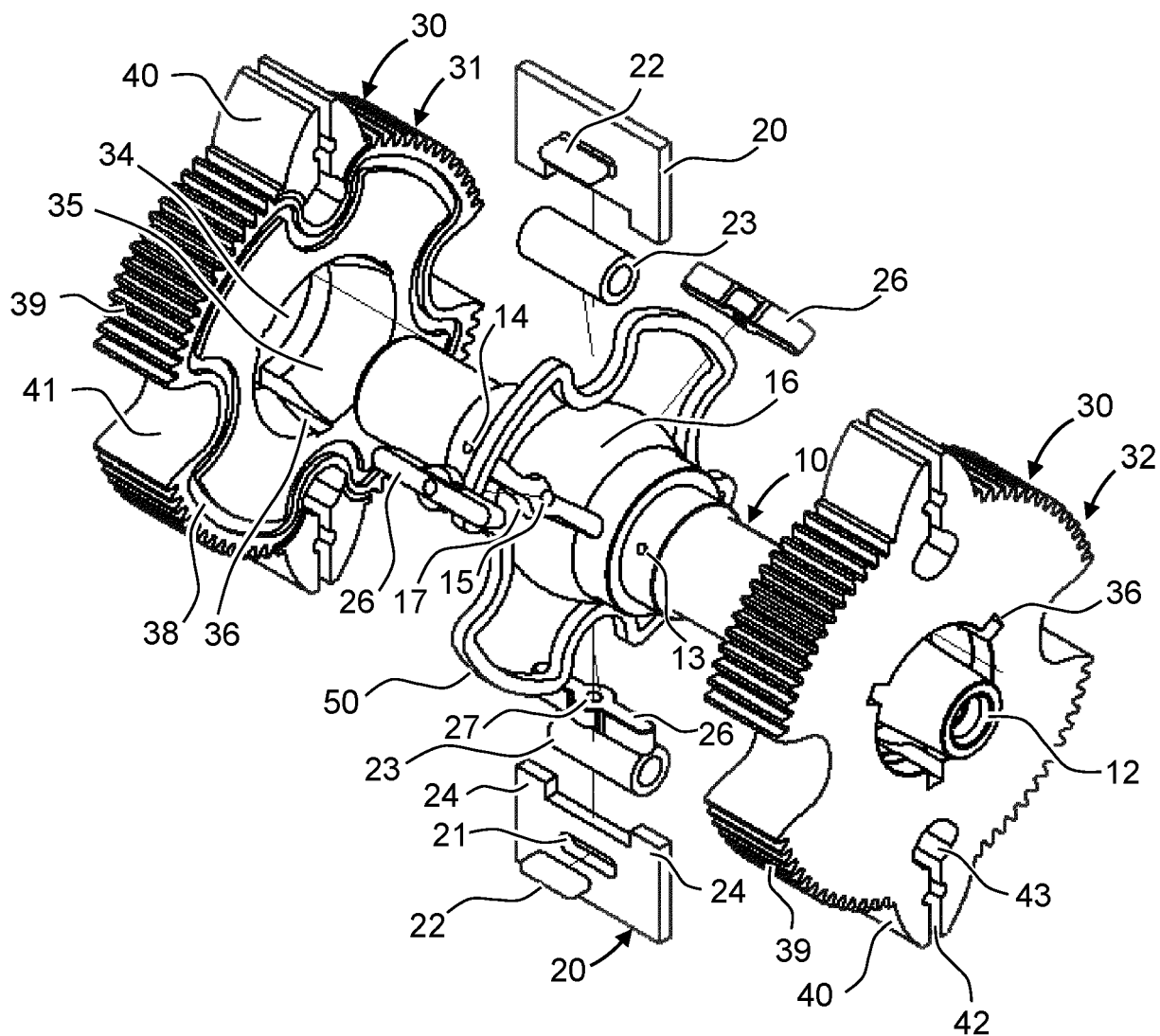


FIG. 3

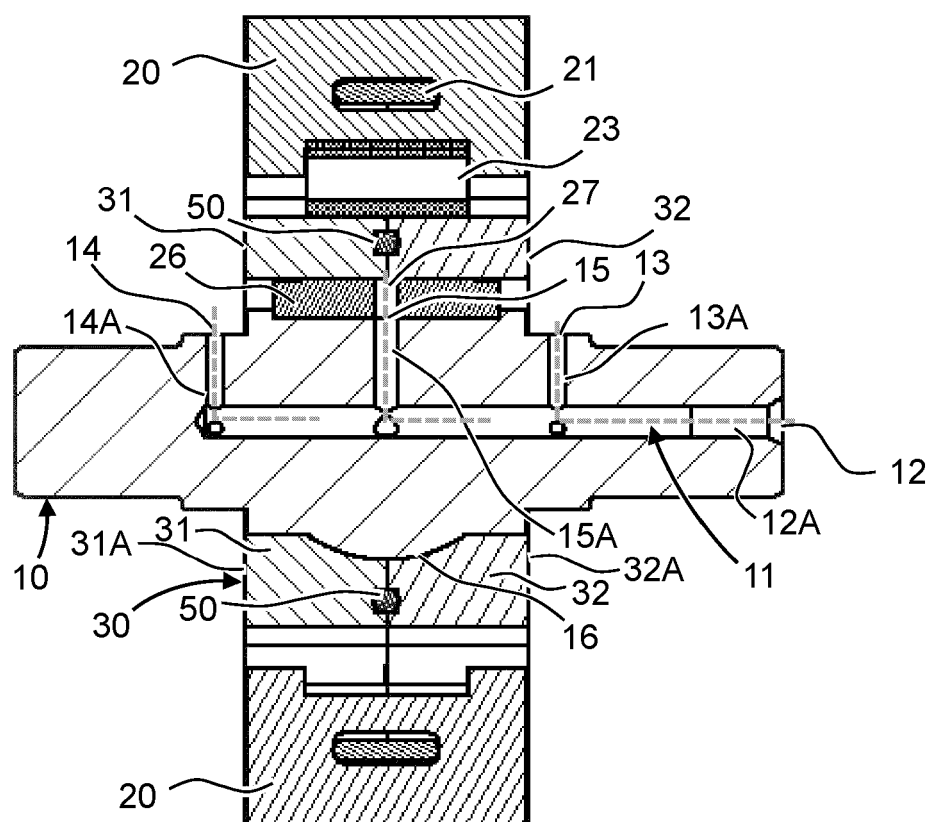


FIG. 4

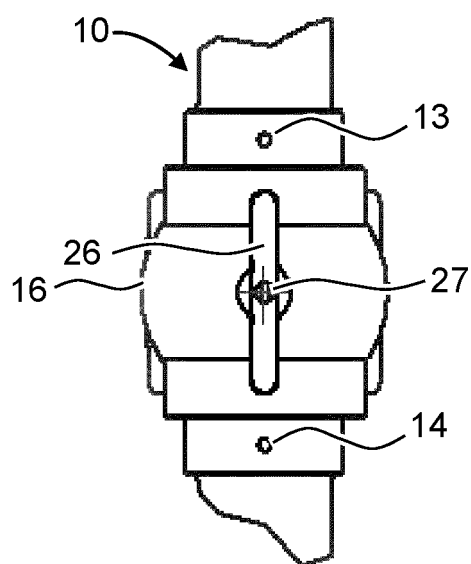


FIG. 5

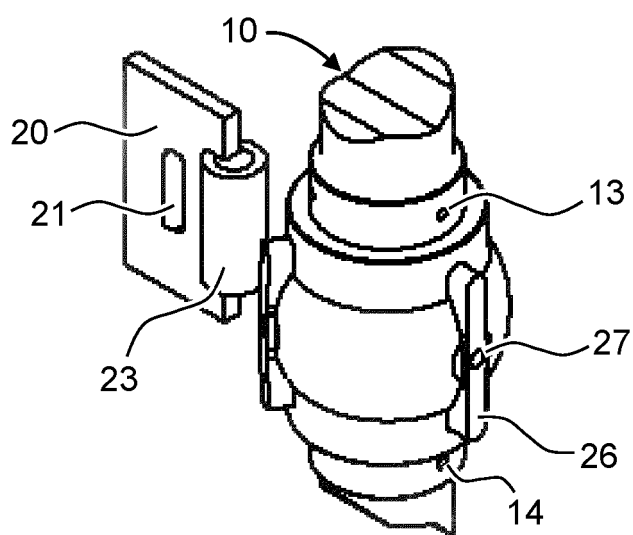


FIG. 6

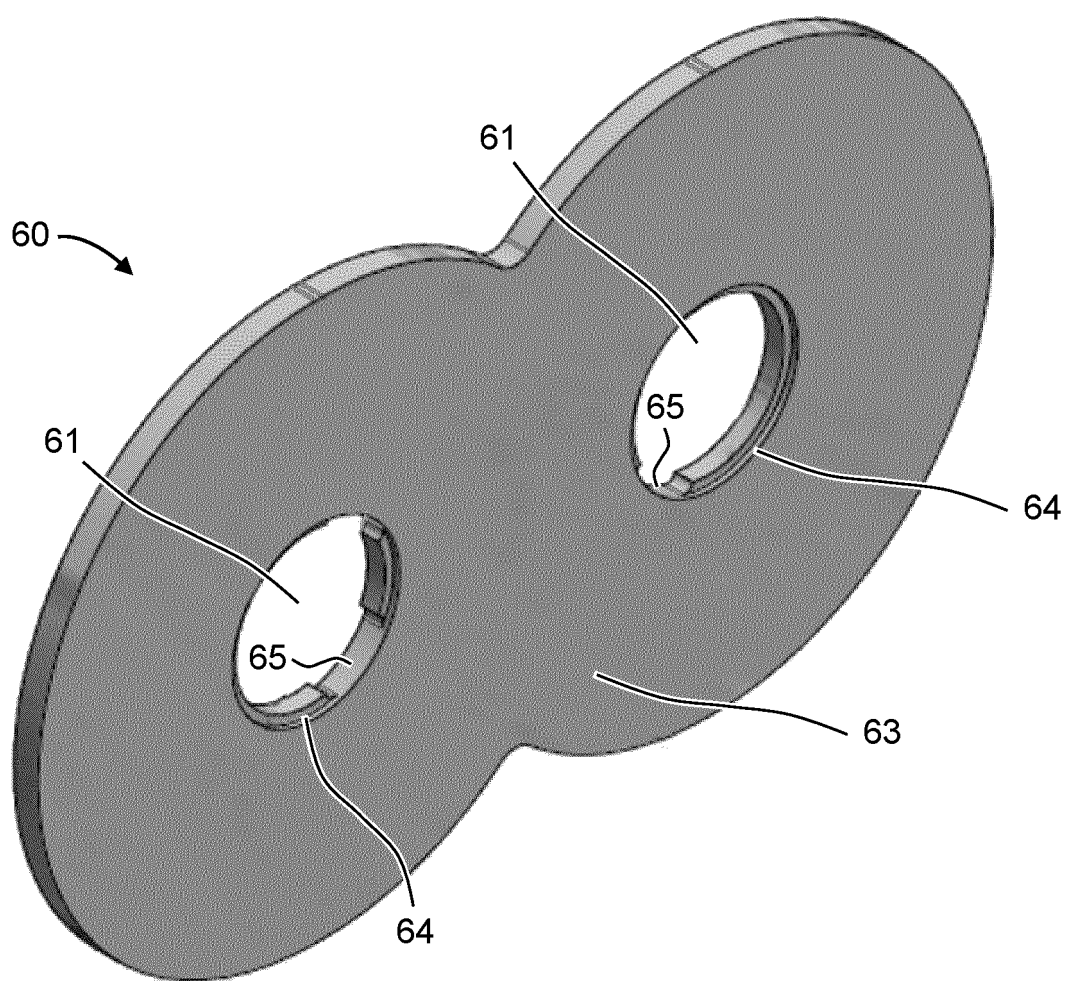


FIG. 7

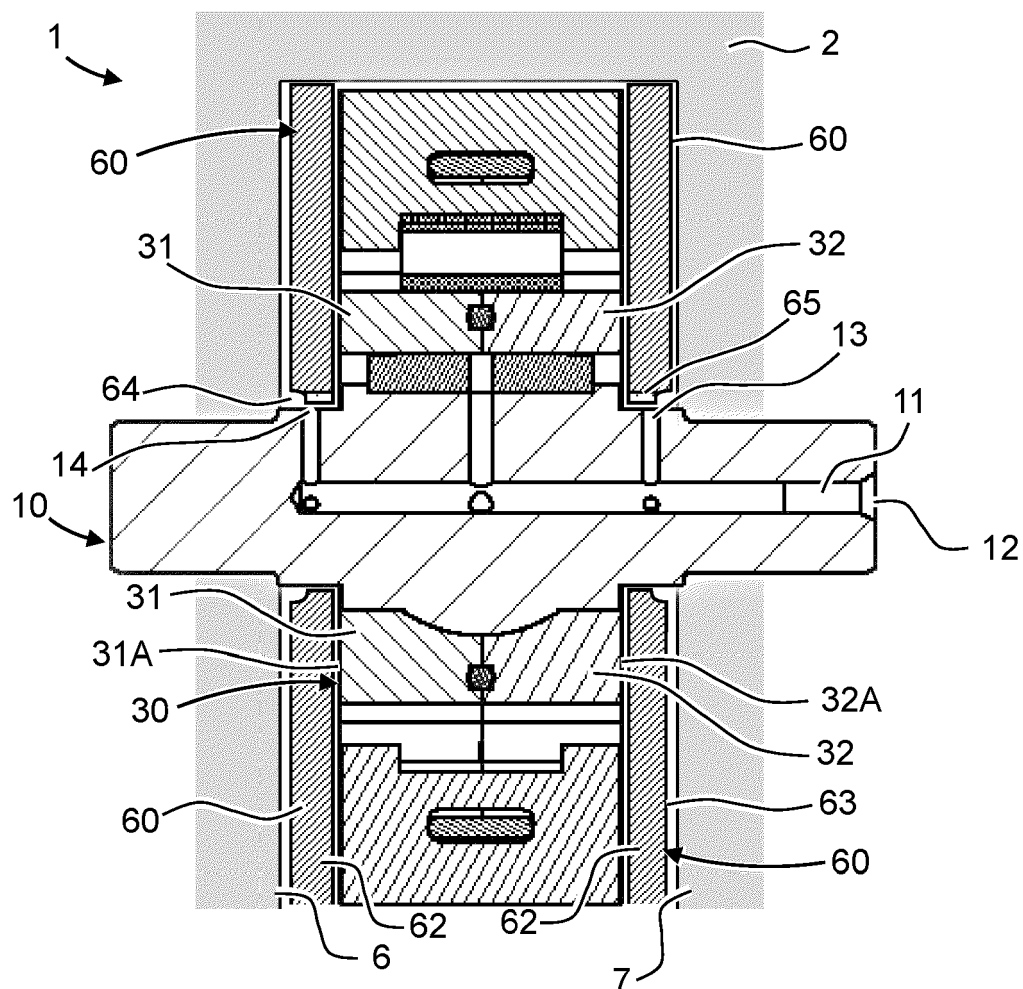


FIG. 8

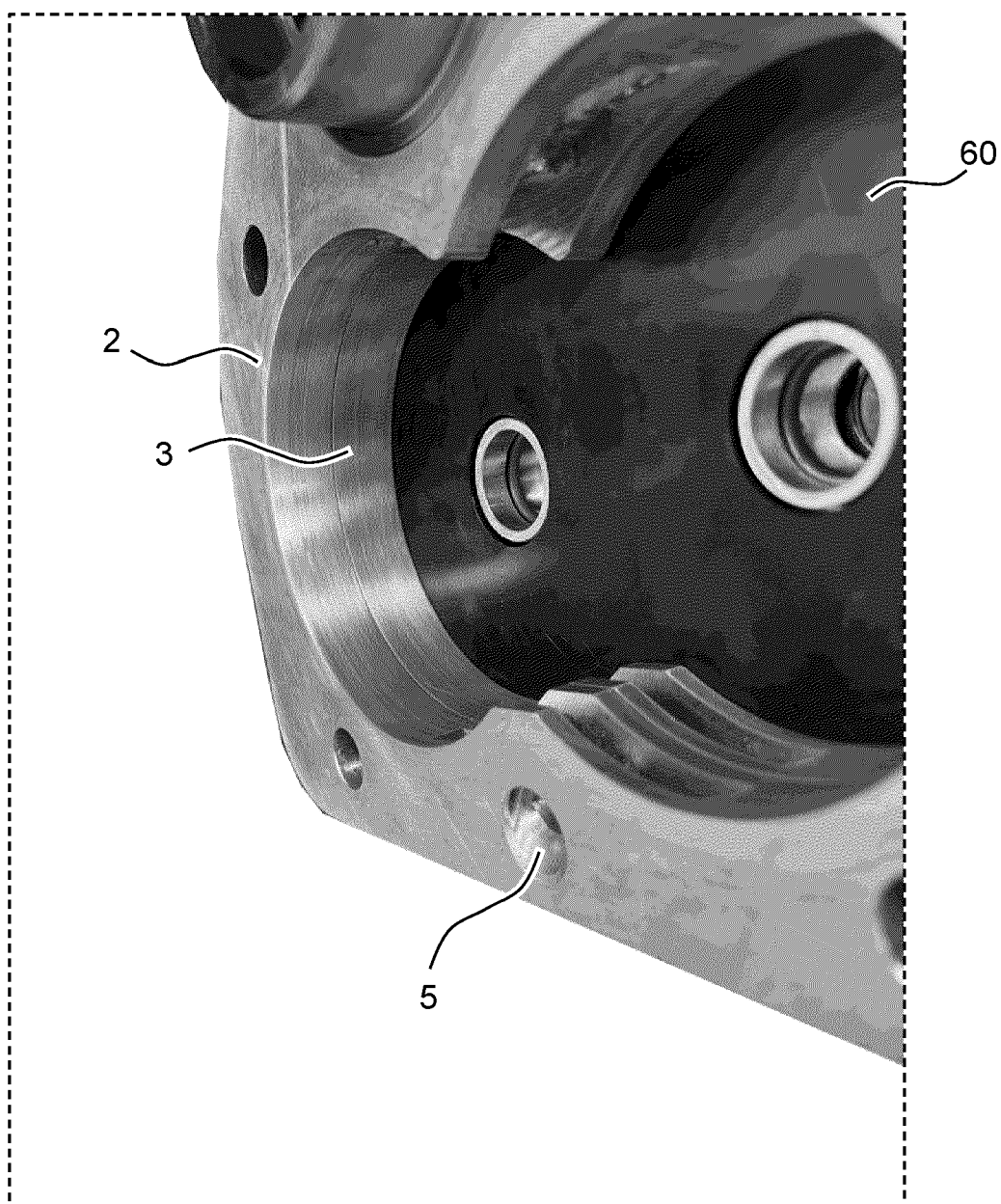


FIG. 9

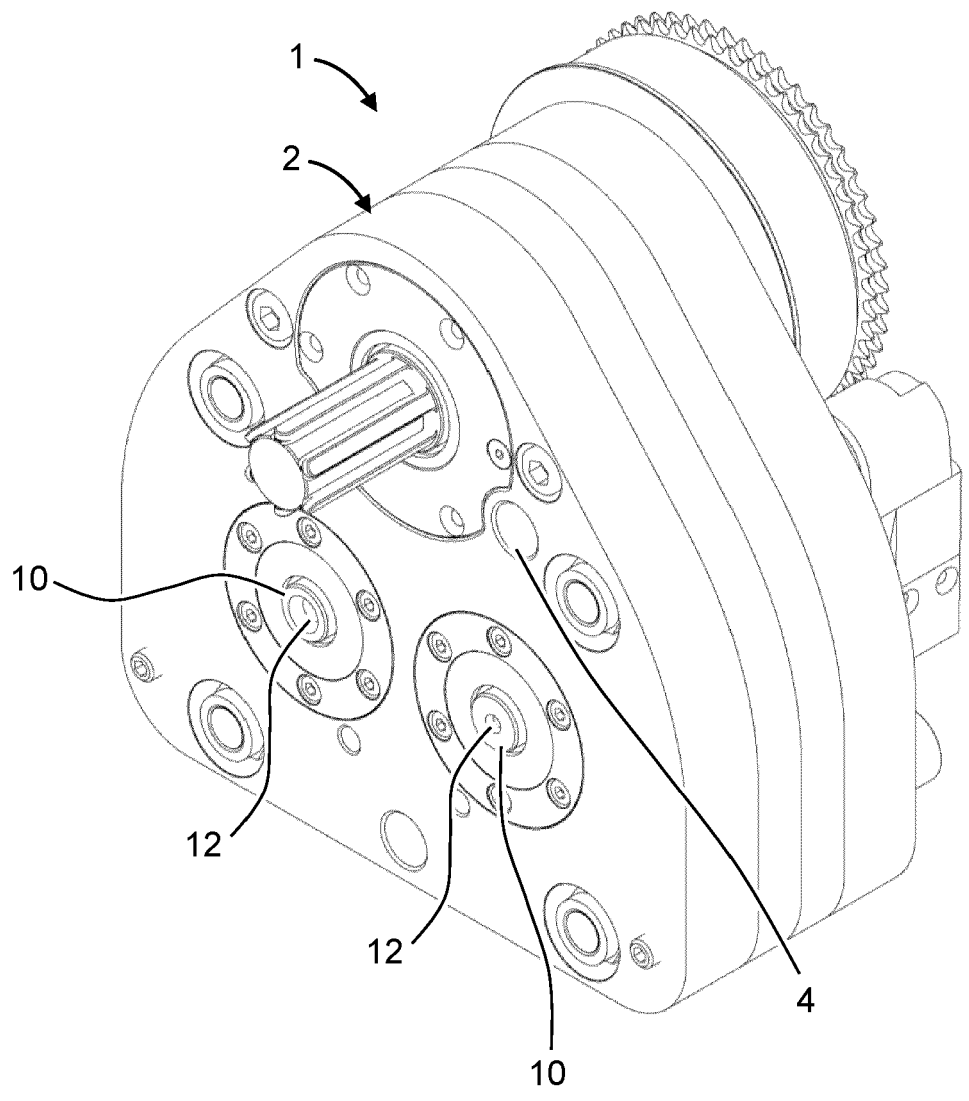


FIG. 10



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 25 15 0439

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A,D	US 2020/400022 A1 (HOFFMANN DIRK [DE]) 24. Dezember 2020 (2020-12-24) * das ganze Dokument * * Abbildungen 1-4C * * Absatz [0050] - Absatz [0056] * -----	1-16	INV. F01C1/12 F01C1/14 F01C19/08 F01C21/00 F01C21/08
A,D	DE 10 2007 019958 A1 (HETTRICH RALF [DE]) 21. Februar 2008 (2008-02-21) * das ganze Dokument * * Abbildungen 1-7 * * Absatz [0010] - Absatz [0012] * -----	1-16	
A	US 1 526 356 A (ARNULPH MALLOCK HENRY REGINALD) 17. Februar 1925 (1925-02-17) * das ganze Dokument * * Abbildungen 1,2 * * Seite 2, Zeile 50 - Zeile 82 * -----	1-16	
A	DE 10 2006 057003 A1 (GUENTHER EGGERT [DE]) 5. Juni 2008 (2008-06-05) * das ganze Dokument * * Abbildungen 2a,2c,3a * * Absatz [0016] * * Absatz [0023] * -----	1-16	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F01C F04C
A	US 9 383 013 B2 (RAMOS ROLANDO NICO M [US]; BLODGETT WILLIAM W [US]; LOBEPRO INC [US]) 5. Juli 2016 (2016-07-05) * das ganze Dokument * * Abbildungen 2A,2B * * Spalte 4, Zeile 9 - Zeile 16 * -----	1-16	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 30. Mai 2025	Prüfer Sbresny, Heiko
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.

EP 25 15 0439

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

30-05-2025

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2020400022 A1	24-12-2020	CN 111954749 A	17-11-2020
		EP 3527781 A1	21-08-2019
		JP 2021513628 A	27-05-2021
		US 2020400022 A1	24-12-2020
		WO 2019158449 A1	22-08-2019

DE 102007019958 A1	21-02-2008	KEINE	

US 1526356 A	17-02-1925	KEINE	

DE 102006057003 A1	05-06-2008	AU 2007326323 A1	05-06-2008
		BR PI0719694 A2	24-12-2013
		CA 2671017 A1	05-06-2008
		CN 101558218 A	14-10-2009
		DE 102006057003 A1	05-06-2008
		EP 2100009 A1	16-09-2009
		EP 2450530 A1	09-05-2012
		JP 4926252 B2	09-05-2012
		JP 2010511822 A	15-04-2010
		KR 20090096497 A	10-09-2009
		RU 2009125224 A	10-01-2011
		US 2010150762 A1	17-06-2010
		WO 2008065017 A1	05-06-2008

US 9383013 B2	05-07-2016	CN 103842654 A	04-06-2014
		EP 2739854 A1	11-06-2014
		US 2014331856 A1	13-11-2014
		WO 2013019948 A1	07-02-2013

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

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

- US 11255258 B2 [0002]
- US 11098587 B2 [0002]
- EP 3144471 B1 [0002]
- EP 3379027 A1 [0002]
- DE 102007019958 A1 [0002]