

(19)



(11)

EP 3 022 444 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
11.07.2018 Patentblatt 2018/28

(51) Int Cl.:
F04C 18/063 ^(2006.01) **F01C 1/063** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14793778.3**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2014/001979

(22) Anmeldetag: **21.07.2014**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2015/010780 (29.01.2015 Gazette 2015/04)

(54) **ROTATIONSKOLBENMASCHINE**

ROTARY PISTON MACHINE

MACHINE À PISTON ROTATIF

(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

(30) Priorität: **19.07.2013 DE 102013012128**
01.02.2014 DE 102014001350
20.06.2014 DE 102014009108

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
25.05.2016 Patentblatt 2016/21

(73) Patentinhaber: **Orokoko GmbH**
22765 Hamburg (DE)

(72) Erfinder: **Meier, Gerd, E. A.**
37077 Göttingen (DE)

(74) Vertreter: **Heinemeyer, Karsten**
AdvInno Patent-u. Rechtsanwaltspart. mbB
Heinemeyer & Joachim
Sandstrasse 17-23
23552 Lübeck (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
BE-A- 400 928 DD-A1- 258 042
DE-A1- 1 576 912 FR-A- 933 782
US-A- 3 227 090

EP 3 022 444 B1

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).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Rotationskolbenmaschine mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1. Eine solche Rotationskolbenmaschine ist aus der DE 1 576 912 bekannt. Eine Rotationskolbenmaschine ist eine Kraft- bzw. Arbeitsmaschinemaschine, bei der die Teile, die mechanische Arbeit verrichten, nur Drehbewegungen ausführen. Diese Bauart bietet verschiedene Möglichkeiten, Energie in Drehbewegung umzuwandeln. Steht die Energie in Form von hydraulischem oder pneumatischem Druck zur Verfügung, kann man z. B. Lamellenmotoren einsetzen. Steht die Energie chemisch gebunden zur Verfügung, etwa in Form von flüssigem Treibstoff, kann man den Motor als Wärmekraftmaschine ausführen.

[0002] Hierbei führen die Teile, die mechanische Arbeit verrichten, im Gegensatz zu Hubkolbenmotoren eine periodische Drehbewegung aus. Der Energieumwandlungsprozess kann dabei über unterschiedliche Taktfolgen ablaufen. Diese verschiedenen Takte, zu denen etwa Befüllen und Ausblasen gehören, finden während der Drehbewegung statt. Grundsätzlich kommen Rotationskolbenmaschinen in Pumpen, Verdichtern sowie Druckluft- und Verbrennungsmotoren zum Einsatz.

[0003] Rotationskolbenmaschinen haben den Vorteil, dass potentiell weniger bewegte Teile als in Hubkolbenmaschinen vorhanden sind und diese dadurch über eine vergleichsweise einfache und robuste Bauweise verfügen. Zudem entfällt im Gegensatz zu Hubkolbenmaschinen im Allgemeinen die Kraftübertragung mittels Kurbelwelle.

Ein weiterer Vorteil besteht in der höheren Laufruhe. So sind viele Rotationskolbenmotoren vollständig auswuchtbar, was wesentlich geringere Vibrationen als in einer Hubkolbenmaschine zur Folge hat. Weiterhin verfügen Rotationskolbenmaschinen über ein vergleichsweise kleines Leistungsgewicht. Da viele Rotationskolbenmaschinen sehr kompakt und aus wenigen Teilen ausgeführt sind, reduziert sich das Leistungsgewicht regelmäßig auf einen Bruchteil desjenigen von Hubkolbenmaschinen.

[0004] Ein Nachteil einer Rotationskolbenmaschine ist in der problematischen Abdichtung zu sehen. In diesem Zusammenhang haben Rotationskolbenmaschinen in Abhängigkeit des Typs mit unterschiedlichen Abdichtungsproblemen zu kämpfen. Während die Abdichtung des Brennraums von Hubkolbenmaschinen verhältnismäßig einfach und zuverlässig mittels Kolbenringen zu realisieren ist, jedoch für Hubkolbenmaschinen einen drehzahlbegrenzenden Faktor darstellt, da Kolbenringe bei hohen Drehzahlen zusammenfallen und versagen, müssen bei Rotationskolbenmotoren teilweise unterschiedliche Dichtungssysteme eingesetzt werden.

[0005] Darüber hinaus ist der Brennraum einer Rotationskolbenmaschine aufgrund der ungünstigen halbmondförmigen Form im Vergleich zum halbkugelförmigen, durch Zylinderwand, Zylinderkopf und dem Kolben-

boden gebildeten Brennraum des Hubkolbenmotors nachteilig. Der Brennraum einer Rotationskolbenmaschine bietet zwar ein optimales Verhältnis von minimaler Oberfläche zu maximalem Volumen, es müssen allerdings auch bei diesem Maschinentyp das durchgesetzte Verdrängungsvolumen, die Taktdauer und die tatsächlich verlustbehafteten Flächen berücksichtigt werden.

Oftmals müssen für Rotationskolbenmaschinen aufgrund der Bauform sehr spezielle Teile gefertigt werden, was die Herstellungskosten erhöht. Auch sind die einzelnen Teile selbst in vielen Fällen kompliziert herzustellen, wodurch sich die Kosten und der Aufwand für die Fertigung einer Rotationskolbenmaschine weiter erhöht.

[0006] Ein weiteres Problem stellt bei Rotationskolbenmaschinen oftmals die komplizierte Schmierung dar. Schmieröle und -fette sollen in der Regel nicht in bestimmte Bereiche des Motors eindringen, damit sie nicht verbrennen und der Arbeitsprozess negativ beeinflusst wird. Das lässt sich jedoch in vielen Fällen nicht oder nicht vollständig verhindern oder es ist mit großem Aufwand verbunden. Beschichtungen aus Polytetrafluorethylen (PTFE), Keramik oder Graphit bieten hier unter Umständen eine Alternative, jedoch sind diese teilweise teurer als herkömmliche Schmierungen und aufwendiger in der Herstellung und Wartung.

[0007] In diesem Zusammenhang ist aus der DD 258 042 A1 eine Rotationskolbenmaschine mit einem torusförmigen Arbeitsraum bekannt, die als Brennkraftmaschine für den Antrieb verschiedener Aggregate verwendet wird. Die beschriebene Rotationskolbenmaschine verfügt über zwei im wechselseitigen Eingriff befindliche Kolbensysteme auf einer gemeinsamen Drehachse. Die einzelnen Kolben dieser Kolbensysteme, die einem gemeinsamen Umfang in einer gemeinsamen Richtung umlaufen, erzeugen einen torusförmigen Arbeitsraum und teilen diesen durch die Relativbewegung der Kolbensysteme zueinander in die entsprechenden volumenveränderlichen Brennräume auf.

[0008] Ferner ist aus der DE 1576912 eine gattungsgemäße Rotationskolbenmaschine bekannt. Die im Arbeitsraum umlaufenden Kolben, für die unterschiedliche Formen vorgeschlagen werden, schließen während ihrer Bewegung jeweils veränderliche Volumina ein, sodass ein Arbeitsmittel, insbesondere ein Gas, in Abhängigkeit des jeweils umgesetzten Kreisprozesses während des Umlaufs der Kolben komprimiert und/oder expandiert wird.

[0009] Zusammenfassend bleibt somit festzuhalten, dass bei bekannten Pumpen, Verdichtern, Druckluft- und Verbrennungsmotoren mit rotierenden Kolben aufgrund der vergleichsweise komplizierten Gehäuse- und Kolbenformen sowie von Dichtungsproblemen die Herstellung und Wartung oftmals vergleichsweise aufwendig ist. Beispielsweise sind bei den bekannten Roots-Gebläsen die Gehäuse und Kolben sehr speziell geformt, so dass an den Berührungslinien von Kolben und Gehäuse Dichtprobleme entstehen. Die sogenannten Drehkolbengebläse haben ebenfalls Dichtungsprobleme und überdies

auch eine aufwändige Kolbensteuerung.

[0010] Ausgehend von den bekannten Rotationskolbenmaschinen und den zuvor geschilderten Problemen liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Rotationskolbenmaschine bereitzustellen, die für eine Vielzahl von Einsatzzwecken als Kraft- oder Arbeitsmaschine geeignet ist und gleichzeitig eine verbesserte Funktion und einfache Herstellung ermöglicht. Gleichzeitig soll auf einfache Weise eine zuverlässige Abdichtung der Arbeitsräume realisiert werden und Spaltverlust auf ein Minimum reduziert werden. Weiterhin soll die anzugebende Rotationskolbenmaschine robust ausgeführt und im Betrieb vergleichsweise einfach zu steuern sein.

[0011] Die vorstehende Aufgabe wird mit einer Rotationskolbenmaschine gemäß Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche und werden in der folgenden Beschreibung unter teilweiser Bezugnahme auf die Figuren näher erläutert.

[0012] Erfindungsgemäß ist eine Rotationskolbenmaschine mit wenigstens zwei Kolben, die sich innerhalb eines Arbeitsraums mit konstantem Querschnitt, der von einer hohlzylinder- oder ringförmigen Außenwand und einer beabstandet dazu angeordneten zylinder- oder ringförmigen Innenwand eingeschlossen wird, auf einer Kreisbahn bewegen und mit Führungselementen, die mit den Kolben in Wirkverbindung stehen und diese wenigstens zeitweise bewegen oder von den Kolben bewegt werden, wobei sich die Kolben derart auf einer Kreisbahn im Arbeitsraum bewegen, dass ein zwischen den Kolben eingeschlossenes Volumen während einer Umdrehung der Kolben wenigstens zeitweise variiert. Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass äußerer Getrieberäder und/oder geeignete Aktuatoren vorgesehen sind, durch deren Verstellung die Kolbenbewegung während des Betriebs der Rotationskolbenmaschine verändert wird. Die Kolben führen somit während Ihrer Drehbewegung auch eine Relativbewegung zu einander aus, wobei zwischen den einzelnen Kolben ein variierendes Volumen eingeschlossen ist. Der Arbeitsraum wird von der Außen- und der Innenwand sowie an den Längsseiten vorgesehenen Deckeln begrenzt. Die Außen- und die Innenwand sowie die Deckel können hierbei selbst einen Teil einer Gehäusewand bilden oder sind von einer Gehäusewand der Rotationskolbenmaschine umgeben. Der Arbeitsraum, in dem die Kolben auf einer Kreisbahn mit variierender Winkel- bzw. Drehgeschwindigkeit umlaufen, ist hierbei torus- bzw. ringförmig. Der Querschnitt des entsprechenden Torus kann rund, oval oder auch mehrrecks, beispielsweise vierecks, ausgeführt sein. Eine erfindungsgemäß ausgeführte Rotationsmaschine ist bevorzugt als Pumpe, Verdichter, Turbine, Druckgas- und/oder Verbrennungsmotor einsetzbar.

[0013] In einer ersten speziellen Ausführungsform sind in einem ringförmigen, konzentrischen Gehäuse konstanten Querschnittes mindestens zwei geführte und wandschlüssige Kolben gegeneinander und im Ringgehäuse rundherum beweglich angeordnet. Diese Kolben

werden vorwiegend durch die Führungselemente und/oder Druckkräfte angetrieben und schließen jeweils zwischen sich Volumen ein, die sich während des Umlaufs verändern.

[0014] Eine besondere Weiterbildung zeichnet sich dadurch aus, dass die Kolben bei der Bewegung Öffnungen im Gehäuse abdecken und freigeben, durch die Betriebsmedien ein- und ausströmen. Vorzugsweise sind die Kolben gegeneinander beweglich und bewegen sich vorwiegend durch veränderte Druckverhältnisse in den eingeschlossenen Volumina bzw. den Zwischenräumen zwischen den Kolben im Arbeitsraum. Bevorzugt werden im Betrieb der Rotationskolbenmaschine Momente und Kräfte durch die Führungselemente aus dem Gehäuse heraus auf Getriebe, Motoren und Generatoren übertragen. Ebenso ist es allerdings denkbar, dass Momente und/oder Kräfte über geeignete Führungselemente auf die Kolben übertragen werden.

[0015] Gemäß einer weiteren Ausführungsform werden die Führungselemente der Kolben durch zentrale Elemente gebildet, die die Außen- und/oder Innenwand oder eine Gehäusewand durch abgedichtete Spalte durchdringen. Auf vorteilhafte Weise sind die Kolben an separaten zentralen, gestaffelten, kurzen Achsen befestigt, welche den jeweils anderen Kolben als Dichtfläche dienen. Die Kolben werden vorzugsweise mit Hilfe äußerer Getriebe, Motoren und/oder Generatoren angetrieben, so dass die Kolben eine pendelnde Drehbewegung ausführen.

[0016] Vorzugsweise verfügen die Führungselemente zur Kraftübertragung über wenigstens ein mechanisch wirkendes Konstruktionsbauteil, wie etwa eine Welle, Achse und/oder ein Zahnrad. Gemäß einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung ist es denkbar, dass die Führungselemente der Kolben zumindest ein Mittel zur Erzeugung kraftübertragender, äußerer Drehfelder aufweisen, die die Innen- und/oder die Außenwand bzw. eine Gehäusewand durchdringen.

[0017] In einer besonderen Ausführungsform verfügt zumindest eine Außenfläche eines Kolbens über wenigstens eine Rille, Eindellung und/oder eine eingelegte Dichtleiste. Ferner sind vorzugsweise an geeigneten Stellen in der Innen- und/oder Außenwand Öffnungen Sensoren und Aktuatoren vorgesehen. Vorzugsweise sind diese an der Wand befestigt, wobei in der Regel eine abgedichtete Stelle vorgesehen ist, die von einem Befestigungselement eines Sensors und/oder Aktuators durchdrungen wird.

[0018] Weiterhin ist es denkbar, dass eine erfindungsgemäß ausgeführte Rotationskolbenmaschine mit ringförmigem, konzentrischen Gehäuse konstanten Querschnittes mit mindestens zwei geführten und wandschlüssigen Kolben, die gegeneinander und im Ringgehäuse mit Ventilationsöffnungen rundherum beweglich sind und jeweils zwischen sich, vorwiegend durch Führungselemente und Druckkräfte angetrieben, sich periodisch verändernde Arbeitsvolumina einschließen, durch Veränderung der Gehäuselänge und/oder des Durch-

messers des ring- bzw. kolbenförmigen Arbeitsraumes für Ausführungen verschiedener Leistungsklassen angepasst wird. Ergänzend zur bevorzugten Ausführung mit zwei Doppelkolben ist es denkbar, bei Bedarf Mehrfachkolben mit größerer Kolbenzahl oder auch zwei Einfachkolben einzusetzen. Weiterhin kann es Vorteile bringen, die Kolben bedarfsweise über mit-rotierende, gegen das Gehäuse abgedichtete Seitenwände, insbesondere die Innen- und/oder die Außenwand des Arbeitsraums, zu führen. In Abhängigkeit der konkreten konstruktiven Ausgestaltung können diese Seitenwände im Bedarfsfall Bestandteil von Antriebselementen und/oder einer Kühlung der Rotationskolbenmaschine sein.

[0019] Auf besonders vorteilhafte Weise sind die Kolben gegeneinander beweglich und führen eine definierte, aber auch einstellbare Pendeldrehung im Arbeitsraum innerhalb des Gehäuses der Rotationskolbenmaschine aus, welche durch Getriebe, Motoren und/oder Generatoren initiiert wird. Vorzugsweise sind auf den zum Einsatz kommenden Achsen oder Getrieberädern mit-rotierende Ausgleichsgewichte vorgesehen, um eine geeignete Bewegung zu erzwingen. Hierbei ist es denkbar, dass über spezielle Getriebeübersetzungen in einem äußeren, im Anlenkwinkel zu den Kolbenachsen verstellbaren Pendelgetriebe mittels der ins Gehäuse führenden Achsen der Kolben die schwingende Kolbenbewegung nach Amplitude, Phasenlage, Modulation und nach Einsatzpunkt von Aktuatoren und Sensoren in der Gehäuswand gesteuert wird. Bei großen Pendelamplituden der Kolbenachsen und Kolben können auch mehrstufige Getriebe, bei Bedarf mit Übersetzung eingesetzt werden. Ebenso wird bevorzugt über die Verlagerung der Getrieberäder und deren Achsen relativ zur Zentralachse eine Phasenverschiebung der Kolbenbewegung eingestellt, wobei die Pendelamplituden durch die Exzentrizität der Getrieberäder und eine Übersetzung durch abgestimmte Zähnezahlen und Umfang der Räder einstellbar ist.

[0020] Gemäß einer weiteren speziellen Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Kolben gegeneinander beweglich sind und eine definierte Pendeldrehung der Kolben und Achsen im Gehäuse durch elektrische Motoren und Generatoren, vorzugsweise nach der Art von Schrittmotoren erzeugt wird. Durch diese Maßnahme ist die schwingende Kolbenbewegung auf vorteilhafte Weise nach Amplitude, Phasenlage, Modulation und/oder nach Einsatzpunkt und relativer Lage zu den Aktuatoren und Ventilationsöffnungen in der Gehäuswand elektronisch steuerbar. Bei Bedarf ist es denkbar, eine Mehrzahl elektrischer Motoren und Generatoren, vorzugsweise entsprechend der Zahl der Achsen in einem Gerät zusammenzufassen.

[0021] In einer bevorzugten Ausführungsform erfolgt der Antrieb und Abtrieb der inneren Kolbenachsen von einem einseitig angeordneten Getriebe. Ebenso ist es denkbar, dass der Antrieb oder Abtrieb erfolgt, indem die Momente und Drehbewegungen über Hohlachsen und Steckachsen in der Anzahl der Kolbenachsen übertragen werden, die zentral durch einen Gehäusedeckel ge-

steckt sind, der an einem längsseitigen Ende des Arbeitsraums angeordnet ist. In Ergänzung ist es denkbar, dass ein freier zweiter Gehäusedeckel auch mit durchgesteckten Achsen und Leitungen versehen ist.

[0022] Vorzugsweise ist wenigstens eine nicht wand-schlüssige, den Betriebsmedien zugewandte Außenfläche eines der Kolben mit einer Aushöhlung und/oder Rille versehen, wodurch vorzugsweise die Geometrie der Minimalvolumina bei gegenseitiger Annäherung der freien Kolbenflächen festgelegt wird und so eine besondere Verteilung der Betriebsmedien sichergestellt ist. Gemäß einer besonderen Weiterbildung weisen die inneren Gleit- und Führungsachsen der Kolben im Gehäuseinneren vorzugsweise einen Durchmesser von etwa einem Drittel des Durchmessers der Außenwand bzw. der Gehäuswand auf. Die Gehäuselänge entspricht bevorzugt der Radiendifferenz zwischen Gleitachse und zylindrischem Gehäuse. Ferner sind die Kolben auf vorteilhafte Weise in radialer Richtung nach außen keilförmig mit einem Keilwinkel, der von dem Modulationsgrad der Pendelbewegung abhängig ist, ausgebildet. Hierbei bietet es einen Vorteil, wenn die Kolben derart geformt sind, dass diese, sofern erforderlich, mit vom Kolben zu überdeckenden Ventilationsöffnungen korrespondieren. Sofern zwei Doppelkolben vorgesehen sind, bedeutet dies, dass ein Keilwinkel von etwa 45° vorteilhaft erscheint und die Kolbenaußenflächen zum Gehäusedeckel hin und/oder der dazu passende Gehäusedeckel selbst, bei Bedarf konisch gestaltet sind.

[0023] Gemäß einer weiteren speziellen Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die Spaltmaße zwischen Kolben und Innen- und/oder Außenwand klein sind und die Geräte-Materialien thermisch unempfindlich sind. Ferner ist es vorteilhaft, wenn die Innenwände des Gehäuses und die wand-schlüssigen Kolbenflächen mit Mulden, Rillendichtungen und/oder mit in Rillen eingelegten, abgedichteten oder auch gestaffelten Dichtleisten versehen sind. Vorzugsweise weisen die Dichtleisten unterschiedliche Materialien auf und sind mit Rauigkeiten und Querrillen überzogen. Alternativ oder in Ergänzung ist es denkbar, dass diese bedarfsweise strömungsgünstig profiliert sind, und dass bei Bedarf die wandbenachbarten Kolbenflächen mit sehr feinen Bohrungen und/oder mit sinter-, samt- und filzartigen Dichtungen in von festen Dichtleisten eingerahmten Feldern abgedichtet werden.

Weiterhin wird vorzugsweise auf Schmier- und Dichtungsmittel zurückgegriffen, die über separate Zuführungen oder aber über Leitungen, die auch der Betriebsmedienzufuhr dienen, an die entsprechende Stelle geleitet werden.

[0024] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist es denkbar, dass die Kolben mit ihren Außen- und Seitenwänden bei der modulierten Drehbewegung zumeist kantengerundete Öffnungen im Gehäuse und im Gehäusedeckel von innen her abdecken und freigeben, durch die Betriebsmedien ein- und ausströmen. Die Austausch-Öffnungen werden bevorzugt durch passende,

verschiebbliche Abdeckungen und Einsätze von außen her durch Aktuatoren vergrößert, verkleinert und/oder bedarfsgerecht verlagert. Vorzugsweise laufen die Zuführungskanäle zu den Austausch-Öffnungen im Querschnitt konisch zu, sind akustisch abgestimmt und/oder in der Nähe der Gehäuseöffnungen in ihrer Kanal-Achsen-Richtung der Bewegungsrichtung der Kolben angepasst.

[0025] In einer besonderen Ausführungsform sind mehrere Rotationskolbenmaschinen und ggf. deren Stufen durch kurze Rohrleitungen und/oder durch äußere Leitungen und Öffnungen in den Zwischenwänden für den Durchtritt von Betriebsmedien strömungstechnisch verbunden. Ferner erfolgt bei Bedarf zur Zusammen- und Hintereinanderschaltung von Stufen eine mechanische Verbindung durch gemeinschaftliche Achsen und Getriebe, wobei angekoppelte Geräte und Stufen bei Bedarf den jeweils zentralen Rotationskolbenmaschinen und Stufen als Vorschalt- und Nachschaltgeräte zuschaltbar sind.

[0026] Gemäß einer speziellen Weiterbildung sind die einzelnen Komponenten der Rotationskolbenmaschine bedarfsgerecht temperierbar, in der Regel zu kühlen. Bevorzugt wird die Rotationskolbenmaschine hierbei durch Beaufschlagung mit Kühlflüssigkeit und/oder Kühlgas außen am Gehäuse und/oder an seinem Deckel gekühlt. Ebenso ist es denkbar, dass Kolben und mit-rotierende Elemente, welche dazu an den Außenseiten bedarfsgerecht verteilte Kühlrippen und Hohlräume aufweisen, gekühlt werden, wobei durch Zuleitungen, ggf. zusammen mit einem äußeren Kühlgehäusemantel, ein Kühlmittel zu den Kolben und rotierenden Bauteilen geleitet wird.

[0027] In einer besonderen Ausführungsform der Erfindung bildet sich mehrmals während eines Umlaufes der Kolben im Gehäuse ein umlaufendes, sich vergrößerndes und verkleinerndes rotierendes, veränderliches Volumen der Arbeitsräume jeweils zwischen der Rückseite des vorlaufenden und der Vorderseite des nachlaufenden Kolbens. Hierbei wird die Zahl der unterschiedlich genutzten Arbeitsräume zwischen den Kolben während einer Umdrehung der zentralen Welle durch die Anzahl der überlagerten Pendelschwingungen pro Umdrehung der zentralen Welle und die Anzahl der Kolben im Ringgehäuse bestimmt. Bevorzugt wird über eine geeignete Steuerung mittels von ins Gehäuse der Rotationskolbenmaschine führenden Achsen und der Antriebe durch die Führungskräfte für die Wellenabschnitte der verschiedenen Mehrfachkolben die schwingende Kolbenbewegung nach Amplitude und Phasenlage zur Grunddrehung der Wellen eingestellt und die Modulationsfrequenz der Kolbenschwungung ganzzahlig proportional zur Drehfrequenz und vorzugsweise ganzzahlig proportional zur halben Kolbenzahl eingestellt. Bevorzugt wird eine derartige Steuerung von Sensoren in der Gehäusewand, an den Wellen und Achsen überwacht, wobei die Sensoren an die äußeren, elektronischen Steuerungen der Antriebe angeschlossen sind, mit denen der geordnete Ablauf der Prozesse im Rotationskol-

bengerät eingestellt wird. Auf diese Weise wird ein bevorzugt ausgebildeter Regelkreis geschaffen.

[0028] In einer speziellen Ausführungsform der Erfindung mit Mehrfachkolben sind vorzugsweise mehrere Kolben in gleicher Anzahl symmetrisch an einem Abschnitt der zentralen Wellen angebracht. Auf vorteilhafte Weise werden auf diese Weise ausgeführte Multifunktions-Rotationskolbenmaschinen derart mit einer Zahl von Kolben hergestellt, dass die der Zahl der bei einer Umdrehung einer zentralen Welle gebildeten Arbeitsräume der gewünschten Zahl der Einzel-Prozesse entspricht. Vorzugsweise ist die Kolbenbreite benachbarter Einzel-Kolben der Mehrfachkolben konstant und entspricht auf vorteilhafte Weise einem Drittel der Breite der Lücke zwischen den Kolben. In Sonderfällen können die Einzel-Kolben der Mehrfachkolben ein größeres oder kleineres Segment als ein Drittel der Lücke zwischen den Kolben einschließen, insbesondere wenn aus Stabilitätsgründen, wegen möglicher Größe des Phasenhubes der Drehfrequenz-Modulation und/oder zu Verbesserung einer Abdichtung andere Breitenverhältnisse erforderlich sind. Um eine bevorzugte Regelung verschiedener Prozesse zu gewährleisten, ist eine Variation der umlaufenden Arbeitsvolumina im Arbeitsraum durch Veränderung der Amplitude und Phasenlage der schwingenden Kolbenbewegung bezüglich der Grunddrehung bei fester Modulationsfrequenz im Volumen und ihrer Lage vorgesehen. Hierbei wird mit einer Modulationsfrequenz, die ein ganzzahliges Vielfaches der Drehfrequenz beträgt, auch ein ganzzahliges Vielfaches an Arbeitsvolumina im Arbeitsraum pro Umdrehung der zentralen Welle erzeugt. Gemäß einer speziellen Weiterbildung sind die Arbeitsvolumina zwischen den Kolben entsprechend ihrer Funktionen durch innere Kanäle in der Innen- und/oder der Außenwand und äußere Leitungen zwischen den Öffnungen des vor allem durch die Außenwand gebildeten Gehäuses und, insbesondere bei Verwirklichung offener Prozesse, mit der Umgebung strömungstechnisch verbunden. In bevorzugter Weise werden die Verbindungsleitungen zwischen den Öffnungen und jeweiligen Außenanschlüssen mit Ventilen, Reglern, Zwischenkühlern und Filtern versehen.

[0029] In einer besonderen Ausführungsform wird die erfindungsgemäße Rotationskolbenmaschine als Verbrennungsmotor mit Nachexpansion verwendet. Bevorzugt werden hierbei mit Kompressorstufen in einer Multifunktions-Rotationskolbenmaschine die Funktionen Ansaugen, Verdichtung, Expansion und Gasausstoß eines Verbrennungsmotors ergänzt durch eine Nachexpansion und eine Vorverdichtung in mehreren Arbeitsräumen. Hierbei werden zunächst, wie bei einem konventionellen Verbrennungsmotor, bei einem Umlauf der zentralen Welle ein Arbeitstakt, bestehend aus dem Öffnen eines Arbeitsraumes für das Ansaugen eines Arbeitsmediums, und ein zweiter Arbeitstakt mit dem Schließen eines Arbeitsraumes für eine Kompression des Arbeitsmediums realisiert. Auch für das anschließende Verbrennen und das Ausstoßen sind zwei Arbeits-

takte für die umlaufenden Arbeitsräume vorgesehen. Um einen wirtschaftlichen Betrieb eines entsprechenden Verbrennungsmotors realisieren zu können, werden neben den vier Arbeitstakten für den Motor-Prozess im Multifunktions-Rotationskolbengerät zusätzlich eine Nachexpansion mit vier Arbeitstakten und eine Vorverdichtung mit ebenfalls vier Arbeitstakten zugeschaltet. Auf diese Weise sind in der Summe für einen einfachen multifunktionalen Verbrennungsmotor vorzugsweise zwölf Arbeitstakte in sechs mal zwei umlaufenden Arbeitsräumen bzw. Arbeitsvolumina zu realisieren, wobei diese bevorzugt durch zwei Mehrfachkolben mit je sechs Einzel-Kolben verwirklicht werden. Somit werden zwölf einzelne Verbrennungsprozesse pro Umdrehung der zentralen Welle erzeugt.

[0030] In einer weiteren Ausführungsform wird ein Verbrennungsmotor mit vierundzwanzig Verbrennungstakten pro Umdrehung der zentralen Welle und entsprechender Nachexpansion und Vorverdichtung realisiert. Dies wird bevorzugt entweder durch zwei Mehrfachkolben mit je zwölf Einzel-Kolben bei zur Drehfrequenz zwölf-facher Modulationsfrequenz oder durch zwei Mehrfachkolben mit je sechs Einzel-Kolben bei vierundzwanzig-facher Modulationsfrequenz zur Drehfrequenz erreicht. Für andere Konstellationen und Anforderungen in Bezug auf die Zahl der Arbeitsräume wird die Zahl der Einzel-Kolben auf den Mehrfachkolben und die Modulationsfrequenz entsprechend verändert. Auf vorteilhafte Weise wird das Verhältnis zwischen den Drehfrequenzen von zentraler Welle und Kolbenschwungung zumeist durch feste Übersetzungen bei Pendelgetrieben konstant gehalten. Die Zahl der genutzten Prozesse und deren Verschaltung wird im Betrieb auf geeignete Weise durch Ventile und Regler in den Verbindungsleitungen den Betriebsbedingungen angepasst, wobei auch einzelne Prozesse mit diesen Mitteln an- und abgeschaltet werden. Wird eine erfindungsgemäß ausgeführte Rotationskolbenmaschine als Verbrennungsmotor genutzt, werden in die sich aufgrund der schwingenden Drehbewegung zeitweise nähernden Kolbenflächen auf vorteilhafte Weise Vertiefungen als Brennräume eingearbeitet.

[0031] Wird eine erfindungsgemäße Rotationskolbenmaschine als mehrstufiger Kompressor oder mehrstufige Vakuumpumpe eingesetzt, ergänzt eine Vorverdichtung in mehreren Arbeitsräumen auf prozessgerechte Weise die Endverdichtung in der letzten Stufe. Vorteilhafterweise werden in einer einfachsten Ausführung für eine zweistufige Multifunktions-Rotationskolbenmaschine als Kompressor oder Vakuumpumpe zwei Mehrfachkolben mit je drei Einzel-Kolben eingesetzt, die vier Arbeitsvolumina für eine Vorverdichtung und zwei Arbeitsvolumina für die Endverdichtung pro Umdrehung der zentralen Welle einschließen. Ferner werden bei einer dreistufigen Multifunktions-Rotationskolbenmaschine als Kompressor und Vakuumpumpe acht Arbeitsvolumina für eine erste Verdichtung, vier Arbeitsvolumina für eine weitere Verdichtung und zwei Arbeitsvolumina für die Endverdichtung pro Umdrehung der zentralen Welle einge-

schlossen wobei dies auf bevorzugte Weise durch zwei Mehrfachkolben mit je sieben Einzel-Kolben bei sieben-facher Modulationsfrequenz zur Drehfrequenz verwirklicht wird.

5 Für andere Konstellationen und Anforderungen gilt als bevorzugte Regel, dass die Zahl der Arbeitsvolumina der Vorstufen für Verdichter von Gasen im Allgemeinen größer als die Zahl der Arbeitsvolumina der Endstufen ist. Die Verbindungsleitungen zwischen den Stufen werden dabei vorzugsweise mit Zwischenkühlern ausgestattet, die nach Möglichkeit in die Innenwand, die Außenwand, das Gehäuse und/oder dessen Kühlung integriert sind.

10 **[0032]** Druckluftmotoren und Dampfmaschinen sind grundsätzlich ebenfalls mit dem zuvor beschriebenen Aufbau herstellbar, allerdings erfolgt die Medienzufuhr in die Arbeitsvolumina jedoch in umgekehrter Reihenfolge, beginnend mit den kleinen Volumina, also einem ersten Entspannungs-Prozess in einem Arbeitsvolumen zur ersten Expansion und nachgeschalteten Expansionen in mehreren Arbeitsvolumina, in Abhängigkeit des Anfangsdrucks. In diesem Zusammenhang wird beispielsweise ein einfacher zweistufiger Druckluftmotor mit zwei Mehrfachkolben mit je drei Einzel-Kolben und sechs umlaufenden Arbeitsvolumina ausgeführt, von denen zwei 20 einer ersten Expansion und vier einer Nachexpansion dienen.

[0033] Wird eine erfindungsgemäß ausgeführte Rotationskolbenmaschine in einer Hydraulikmaschine verwendet, wird diese bevorzugt als Multifunktions-Rotationskolbenmaschine ausgeführt, wobei der Druckbereich auf einzelne Druckstufen in mehreren Arbeitsprozessen aufgeteilt wird, was durch Verbindungsleitungen zwischen den Öffnungen der Arbeitsvolumina erreicht wird. In einer einfachsten Ausführung wird eine dreistufige Maschine mit zwei Mehrfachkolben mit je drei Einzel-Kolben ausgeführt. Sofern noch mehr Stufen benötigt werden, erhalten die dann benötigten vielstufigen Maschinen eine entsprechend größere Anzahl von Einzelkolben. Der erforderliche Medienaustausch wird wiederum bevorzugt über Kanäle im Gehäuse und äußere Rohrleitungen bewirkt.

[0034] In Abhängigkeit des Anwendungsfalls werden die beschriebenen Multifunktions-Rotationskolbenmaschinen durch Regler, Ventile, Drosselorgane, Zwischenkühler und/oder Zusatzgeräte in den äußeren und inneren Verbindungsleitungen ergänzt, wobei auf besonders vorteilhafte Weise durch Umschalten der Verbindungen, insbesondere mittels Fernsteuerung, Funktionen der Arbeitsräume austauschbar und abschaltbar sind. Bevorzugt werden hiermit die Arbeitsweise, der Wirkungsgrad und die Leistung einer Maschine gesteuert. Ebenso ist es denkbar, als Zusatzgeräte wenigstens einen Filter und/oder Schalldämpfer einzufügen.

45 **[0035]** Gemäß einer besonderen Weiterbildung werden die verschiedenen Prozesse in Multifunktions-Rotationskolbenmaschinen entsprechend der thermischen Belastung, der Abdichtung der Arbeitsräume und der Zweckmäßigkeit auf den Umfang des Gehäuses verteilt.

Im Allgemeinen werden die Stufen und Arbeitsvolumina derart ausgelegt, dass die Druckdifferenzen zwischen den Arbeitsräumen möglichst klein sind und die Verbindungsleitungen kurz ausgeführt werden.

[0036] Weiterhin ist auf bevorzugte Art vorgesehen, wenigstens eine Komponente einer Rotationskolbenmaschine bedarfsgerecht zu temperieren, insbesondere zu kühlen. Vorzugsweise wird hierbei ein von Achsen freier, dem Antrieb gegenüberliegender Gehäusedeckel, mit durchgesteckten Kupplungen und Leitungen für Sensoren, Kühlung und Schmierung versehen. Ferner bietet es einen Vorteil, wenn eine Kühlung mittels Kühlflüssigkeit und Gas zunächst über Drehkupplungen, Leitungen und Bohrungen an die Kolbenwellen und von dort bei Bedarf an die Kolben angeschlossen ist.

[0037] In einer weiteren Ausführungsform werden in einer Multifunktions-Rotationsmaschine zentrale Wellenabschnitte durch eine Zwangsteuerung in eine oszillierende Drehung versetzt. Vorzugsweise wird eine derartige Bewegung durch unrunde Zahnräder, die auf einer gleichförmig rotierenden Achse angeordnet sind und sich im Eingriff mit unrunder Zahnrädern auf den Achsen der Kolbenwellen befinden, bewirkt. Auf ganz spezielle Weise erfolgt eine derartige Zwangssteuerung bzw. die Initiierung einer oszillierenden Drehung durch einen Gewindeantrieb, bei dem die zentralen Wellenabschnitte der Kolbenwellen über steile Links- und Rechtsgewinde mit einer gleichförmig drehenden Schiebeachse verbunden sind, so dass bei einer von Kurvenscheiben gesteuerten Längsbewegung der Schiebeachse der Drehung der Kolbenwellen eine gegenläufige Pendelbewegung überlagert wird.

[0038] Alternativ oder in Ergänzung kann eine derartige Bewegung durch elektrische Schrittmotoren bewirkt werden, welche direkt mit den zentralen Wellenabschnitten verbunden sind und eine für die Systemarbeit erforderliche Pendelbewegung erzeugen. Auf vorteilhafte Weise kann durch eine Veränderung der Kopplung zwischen den Antrieben der zentralen Wellenabschnitte eine Veränderung der Phasendifferenz der Schwingung eingestellt werden. Im Falle des Einsatzes von Schrittmotoren geschieht dies durch Veränderung der Phase und Amplitude der elektrischen Ansteuerung, so dass die Arbeitspunkte der Multifunktions-Rotationskolbenmaschine und die Bewegung der Kolben nahezu beliebig einstellbar sind.

[0039] Weiterhin ist es denkbar, eine erfindungsgemäß ausgeführte Rotationskolbenmaschine, insbesondere eine zuvor als Multifunktions-Rotationskolbenmaschine bezeichnete, in eine Einheit aus Motor und Pumpe zusammen mit einem Getriebe und zusammen mit Elektromotor-Generatoren zu integrieren und so ein Hybridsystem ohne umfangreiche Nebenaggregate zu schaffen, woraus bei Bedarf eine kompakte Einheit gebildet wird, die in einem Gehäuse zusammengefasst wird. Bevorzugt erzeugt eine derartige Einheit elektrische Energie, mechanischen Antrieb und/oder konditionierte Medien, womit ein großer technischer Verwendungsbereich

mittels Variation der Komponenten und der Systemeinstellungen der Multifunktions-Rotationskolbenmaschine raumsparend und flexibel realisierbar ist.

[0040] Gemäß einer ganz besonderen Weiterbildung der Erfindung wird der Antrieb von Führungselementen, insbesondere von Wellen, die mit den Kolben in Wirkverbindung stehen, durch erste unrunder Zahnräder, die auf einer gleichförmig rotierenden Achse angeordnet sind und sich im Eingriff mit auf den Achsen der Kolbenwellen angeordneten zweiten unrunder Zahnrädern befinden, bewirkt. Vorzugsweise sind derartige Antriebe in die zentralen Wellenabschnitte im Gehäuse integriert, wodurch eine besonders kompakte Rotationskolbenmaschine gebildet wird.

[0041] Im Folgenden wird die Erfindung ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von speziellen Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Figuren näher erläutert. Dabei zeigen:

- Fig. 1: Rotationskolbenmaschine mit einem ringförmigen Arbeitsraum, in dem Kolben in Umfangsrichtung bewegbar gelagert sind;
- Fig. 2: Kolben, die auf einem einseitig einen Gehäusedeckel durchragenden Achsstummel angeordnet sind;
- Fig. 3: Kolben, die auf beidseitig den Gehäusedeckel durchragenden Achsstummeln angeordnet sind;
- Fig. 4: Schnittansicht eines torusförmig ausgebildeten Arbeitsraumes;
- Fig. 5: Schematische Darstellung eines Zahnriemenantriebs mit unrunder Antriebsrädern zum Antrieb einer Rotationskolbenmaschine;
- Fig. 6: Schematische Darstellung eines Zahnriemenantriebs mit unrunder Antriebsrädern zum Antrieb einer Rotationskolbenmaschine;
- Fig. 7: Schematische Darstellung eines externen Antriebs mit ovalen Zahnrädern;
- Fig. 8: Darstellung einer Rotationskolbenmaschine mit externer Antriebseinheit;
- Fig. 9: Darstellung einer Rotationskolbenmaschine mit externer Antriebseinheit;
- Fig. 10: Arbeitsraum einer Rotationskolbenmaschine mit bewegbaren Kolben, die während einer Umdrehung ein veränderliches Arbeitsvolumen zwischen sich einschließen;
- Fig. 11: Schematische Darstellung des Arbeitsraumes einer Rotationskolbenmaschine mit Einlass- und Auslassöffnungen für ein Betriebsmedium;
- Fig. 12: Schematische Darstellung des Arbeitsraumes einer Rotationskolbenmaschine mit Einlass- und Auslassöffnungen für ein Betriebsmedium;
- Fig. 13: Rotationskolbenmaschine mit verlängertem Gehäuse;
- Fig. 14: Schnittdarstellung eines Kolbens mit Welle in einem Gehäuse;

- Fig. 15: Schnittdarstellung eines Kolbens mit Welle in einem Gehäuse;
- Fig. 16: Schnittdarstellung von in einem Gehäuse gegeneinander verschränkt angeordneten Kolben mit daran befestigten Wellen;
- Fig. 17: Schematische Darstellung einer Rotationskolbenmaschine einschließlich ihrer Leitungsführung;
- Fig. 18: Schnittansicht eines Gehäuses mit darin bewegbar angeordnetem Kolben und einseitig einen Gehäusedeckel durchragenden Achse;
- Fig. 19: Kolbenansteuerung mit unrundem Zahnriemenantrieb;
- Fig. 20: Kolbenansteuerung mit unrundem Zahnriemenantrieb;
- Fig. 21: Kolbenbewegungsverstellung mit Schrittmotor;

[0042] Figur 1 zeigt eine erfindungsgemäß ausgeführte Rotationskolbenmaschine, die in einem torusförmigen, konzentrischen Ringgehäuse konstanten Querschnittes über zwei geführte und wandschlüssige Kolben mit großen Dichtflächen verfügt, wobei die Kolben gegeneinander und im Ringgehäuse beweglich angeordnet sind. Als den Arbeitsraum in radialer Richtung nach außen begrenzende Außenwand umschließt die zylindrische Gehäusewand G die Kolben K1 und K2. Öffnungen Ö in der Gehäusewand dienen dem Austausch von Betriebsmedien. Derartige Öffnungen werden bedarfsweise auch in den an den längsseitigen Enden des Arbeitsraumes vorgesehenen Deckeln und an Seitenwänden angebracht. Die Kolben, die sich auf einer Kreisbahn durch den Arbeitsraum der Rotationskolbenmaschine bewegen, schließen ebenfalls bewegte, in ihrer Größe veränderliche Arbeitsvolumina ein.

[0043] Wie Figur 3 zeigt, sind die Kolben in Bezug auf ihre Form sowie die in Gleitachsen W, die in Figur 15 dargestellt sind, auf vorteilhafte Weise so gestaltet, dass sie verschränkt in einander gesteckt werden, sodass die Enden der Gleitwellen W zusammenstoßen. In diesem Zusammenhang zeigen die Figuren 2 und 3 solche Kolben K, wobei der Achsstummel A in Figur 2 durch den seitlichen Gehäusedeckel D1 ragt. In dem Kolben gemäß Figur 3 sind ferner Rillen für die Aufnahme von Dichtungen Di1 bis Di5 (siehe Figur 15) angebracht. Auch in den Gehäusedeckeln werden bei Bedarf Rillen, grubenartige Vertiefungen und/oder feine Sacklöcher als hydrodynamische Dichtungen eingebracht.

[0044] In der Herstellung und Wirkung weisen Kolbenformen mit vorwiegend keilförmigen Sektionen mit rechteckigem im Einsatz Vorteile auf. Entsprechende Gestaltungen sind den Figuren 1, 10, 11 und 12 zu entnehmen. Durch die großen Berührungsflächen mit den Wänden und Achsen erfolgt eine gute Abdichtung der Arbeitsvolumina bzw. Kammern gegeneinander und nach außen. Die Kolbenaußenflächen sind zur Verbesserung der Abdichtung mit Rillen, Eindellungen und eingelegten Dicht-

leisten versehen.

[0045] Die Zahl der zum Einsatz kommenden Kolben ist grundsätzlich nicht limitiert. Aus Gründen der Optimierung des Aufwandes erscheinen jedoch für die meisten Anwendungen zwei Doppelkolben, wie sie der Figur 11 zu entnehmen sind, als vorteilhaft. Bei dieser Konstellation wird ein Optimum in Bezug auf Wirkung und Aufwand erreicht. Wird die Maschine gemäß Figur 11 als Pumpe oder Kompressor verwendet, ist eine zweistufige Maschine realisierbar, die in Serien- oder Parallelschaltung betrieben werden kann. Wird die Maschine, wie sie in Figur 11 gezeigt ist, als Verbrennungsmotor betrieben, werden alle vier Takte Ansaugen, Kompression, Verbrennung und Gasausstoß in einem Umlauf des Kolbensystems viermal realisiert. Dies begründet eine große Effektivität bei kleinen Wellendrehzahlen.

[0046] Wesentlich ist, dass die Kolben jeweils zwischen sich, vorwiegend durch Führungselemente und Druckkräfte angetrieben, veränderte Volumina einschließen. Ein äußeres Getriebe erzeugt zusammen mit einem Motor-Generator über Achsen und Führungselemente die Pendeldrehung der Kolben, wie sie beispielsweise den Figuren 5 bis 8 zu entnehmen ist.

In Figur 5 sind verschiedene Ausführungsformen der Art der äußeren Getriebe gezeigt. Wesentlich ist, dass durch nicht runde Zahnräder Z1 und Z2 und Zahnriemen Za auf eine äußere mit dem Gehäuse verbundene Koppelachse Ag die Drehung der inneren Achsen A übertragen wird. Auch eine Führung der Kolbenachsen über einen exzentrischen Führungsring Fü wird angewendet. Dabei sind Schieberhülsen Hü auf Achshebeln im Einsatz. Dadurch werden die Kolben Ko zwangsweise in eine pendelnde Drehbewegung versetzt, wie es etwa den Figuren 10 und 11 zu entnehmen ist.

[0047] Figur 6 zeigt eine Ausführungsform, bei denen die Koppelachse Ag über Ketten Ke und Zahnriemen Za angetrieben wird. Die aus dem Gehäusedeckel austretenden Achsstummel A1 und A2 sind auf diese Weise verbunden. Die Kettenräder Kr1 und Kr2 und die Zahnscheiben Zr1 und Zr2 garantieren eine schlupffreie Koppelung. Mit einer Kettenspanner Sp wird die Spannung der Ketten aber auch eine Winkelverstellung möglich. Besonders deutlich ist diese Kopplung der Kolbendrehung den Figuren 7 und 8 zu entnehmen. Hierbei zeigt Figur 7 im oberen Teil eine Ausführungsform, bei der die beiden aus dem Gehäuse G herausstehenden Achsstummel mit zwei Motor-Generatoren Mo1 und Mo2 gekoppelt sind, welche, elektronisch gesteuert für die Pendeldrehung der Kolben sorgen. Die Öffnungen Ö dienen der Zu- und Abfuhr des Betriebsmediums, wie es auch den Figuren 10 und 11 zu entnehmen ist. Im unteren Teil der Figur 7 ist ein Zahnriemenantrieb der Geräteachsen über zwei Zahnriemen Za1 und Za2 gezeigt. Über die in unterschiedlichen Winkelstellungen gezeigten ovalen Zahnriemenscheiben Zr 1 - 4 wird durch die gleichförmige Drehung des Motor-Generators Mo eine Pendeldrehung der Kolbenachsen in Gehäuse G erzwungen. Die Winkelvariationen werden durch die Exzentrizität der

Zahnriemenscheiben und Kettenräder eingestellt.

[0048] In Figur 8 ist eine Antriebsvariante gezeigt, bei der die beiden Kolbenachsen auf einer Seite aus dem Deckel des Gehäuses G geführt sind, indem für den hinteren Kolben Ko2 eine Hohlachse verwendet wird. Dadurch kann das Gerät im Ganzen kompakter und wirtschaftlicher gebaut werden. Der Zahnriemenantrieb Ra läuft über die ovalen Riemenscheiben auf der Achse des Motor- Generators Mo und den Achsen des Gehäuses G. In dem Gehäuse sind Öffnungen Ö für das Ein- und Ausleiten von Medium vorhanden. Diese Öffnungen sind so angeordnet, dass sie von den Kolben abgedeckt und verschlossen werden, wenn keine Zu- oder Ausströmung erfolgen soll. Dadurch benötigt das Rotationskolbengerät in der Regel keine Ventile, wenn die Kolben durch Form und Bewegungsablauf die Öffnungen passend öffnen und verschließen.

[0049] Die Rotationskolbenmaschine verfügt in einer Ausführungsform mit zwei Doppelkolben K1 und K2, wie in Figur 10 gezeigt, über vier variable, rotierende, veränderliche Arbeitsvolumina, die zum Pumpen und Verdichten dienen können. Dazu werden im Gehäuse je zwei Ein- und Auslassöffnungen angebracht, die in Figur 10 mit E und AÖ bezeichnet sind. So entstehen zwei parallele Volumenvariationen. Diese können als Pumpe parallelgeschaltet oder als Verdichter hintereinander geschaltet werden. Im unteren Teil der Figur 10 ist eine Leitung L gezeigt, welche die Auslässe zwei Verdichterkammern über einen Zwischenkühler ZK verbindet. Damit entsteht ein zweistufiger Kompressor in einem Gehäuse.

[0050] Bei Zuführung von Druckgas kann das Gerät auch als Motor fungieren. Wird in der Maschine gemäß Figur 10 unten, an der mit "E" bezeichneten Stelle ein Druckgas oder Dampf eingeleitet, so ist die Maschine mit Hilfe der Umwegleitung L als Motor-Generator mit zweistufiger Expansion einsetzbar. Die Maschine gemäß Figur 10 oben kann auch als parallele Doppel-Expansions-Maschine betrieben werden. Außerdem ist eine Maschine nach Figur 11 entsprechender Gestaltung der Ein- und Auslassöffnungen als Flüssigkeitsturbine betreibbar.

[0051] Bei inneren Verbrennungsvorgängen können alle vier Takte eines üblichen Verbrennungsmotors bei einer kompletten Umdrehung des Kolbensystems gemäß Figur 12 absolviert werden. Dabei sind die Ein- und Auslassöffnungen dicht nebeneinander im Gehäuse angeordnet. Eine Zündhilfe ist an der geeigneten Stelle X gegenüber angebracht.

[0052] Der Expansionstakt und der Ausstoßtakt verlaufen auf einer Seite bis zum Auslass AÖ. Auf der anderen Halbseite erfolgt von E bis X das Ansaugen und die Verdichtung. Durch Aushöhlen der Kolbenflächen werden auch besondere Brennraumformen geschaffen. Da die Kolben durch die Führungselemente ohne Wandberührung laufen und Labyrinthdichtungen verwendet werden, können auf eine Ölschmierung und Abdichtung verzichtet werden.

[0053] Die Figuren 5 bis 9 zeigen unterschiedliche technische Varianten, um eine Pendeldrehung der Kolben zur Variation der Zwischenräume zu erzeugen. Hierzu sind außerhalb des Gehäuses besondere Getriebe, Motoren und Antriebe vorgesehen. Diese Getriebe sind zwischen gleichförmig drehenden Motor-Generatoren und Kolbenachsen eingeschaltet. Alle Ausführungsformen der mechanischen Getriebe machen Gebrauch von gegeneinander verschränkten, eine ungleichförmige Drehung erzeugenden Übertragungsmechanismen. Ein Spanner für eine von zwei Antriebsketten, wie er im unteren Teil von Figur 6 gezeigt ist, ermöglicht neben der Kettenspannung auch die Verstellung der Phasenlage der Kolben zueinander.

Auch eine Verdrehung der Getrieberäder wird zur Veränderung der Phasenlage eingesetzt. Dies kann für bestimmte Anwendungen, wie etwa in Verbrennungsmotoren wichtig sein.

[0054] Figur 7 zeigt in zwei Beispielen das Zusammenwirken von Antrieb und Maschine. Oben ist eine Maschine mit zwei Motoren gezeigt, welche durch geeignete Steuerung selbst für die Pendelbewegung sorgen. Im unteren Teil der Figur 7 ist ein doppelseitiger Antrieb mit zwei die Pendelbewegung erzeugenden Riemenantrieben dargestellt. Der gezeigte Motor führt hier eine gleichförmige Drehung aus.

[0055] Ferner wird in den Figuren 7 und 9 jeweils eine Ausführung gezeigt, bei der die Kolben keine mechanische Verbindung miteinander haben, sondern von Aktuatoren, wie etwa Schrittmotoren, geführt werden. Die Regelung der Kolbenbewegung erfolgt dabei durch eine elektronische Steuerung.

[0056] Zur Kühlung einer erfindungsgemäß ausgeführten Rotationskolbenmaschine werden bei Bedarf die Außenseiten des Gehäuses mit Kühlrippen oder Hohlräumen zur Flüssigkeitskühlung ausgeführt. Durch stärker ausgeführte Hohlachsen werden auch die Kolben bei Bedarf gekühlt.

Ein großer Vorteil der Erfindung besteht darin, dass durch die großen Kontaktflächen der Kolben mit den begrenzenden Wänden keine Dichtungsprobleme vorhanden sind. Dennoch werden in speziellen Ausführungen bei den Kolben quer zur Leckströmung dünne Spalte als sogenannte Labyrinth-Dichtung angebracht. In solche Spalten werden bei extremen Anforderungen, ähnlich wie Kolbenringe, auch Dichtleisten eingelegt.

[0057] Die vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten und Bauformen lassen die beschriebene Rotationskolbenmaschine und seine Ausführungsformen für zahlreiche Anwendungen interessant erscheinen. Diese sind in Kompressoren und Vakuumpumpen, in Druck- und Saugpumpen, Turbinen und nicht zuletzt in Verbrennungsmotoren zu sehen. Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemäßen Rotationskolbenmaschine ist die verhältnismäßig große Masse der Kolben, wodurch eine gleichmäßige Drehung entsteht und Schwungmassen vermieden werden. Auch der reibungsarme Betrieb durch die zwangsweise Kolbenführung und die Verstell-

möglichkeit der Kolbenbewegung während des laufenden Betriebes sind große Vorteile gegenüber bekannten Rotationskolbenmaschinen.

[0058] Um unterschiedlichen Anforderungen genügen zu können, kann durch eine Verlängerung des Gehäuses die Leistung der Rotationskolbenmaschine innerhalb einer Baureihe einfach dem Einsatzzweck angepasst werden. Ebenso kann durch eine Veränderung der Kolbenzahl bei gleichem Gehäuse die Funktion geändert werden. Bei mitrotierenden Seitenwänden ist eine stärkere Befestigung, eine schwingungsgedämpfte Führung und eine einfachere Abdichtung der Kolben zusammen mit der Möglichkeit einer kompletten Innenkühlung gewährleistet. Auch sind die mit-rotierenden Seitenwände für bestimmte Anwendungen als Elemente von elektrischen Steuer- oder Antriebselementen zu verwenden.

[0059] Bei der Rotationskolbenmaschine gemäß Figur 13 die wiederum ein torusförmiges, konzentrisches Ringgehäuse konstanten Querschnittes aufweist, in dem zwei geführte und wandschlüssige Kolben gegeneinander und im Ringgehäuse beweglich angeordnet sind, ist zusätzlich eine Verlängerung des Gehäuses GL vorgesehen. Die zylindrischen Gehäusewände G und GL umschließen die Doppelkolben K1 und K2. Durch eine Verlängerung des Gehäuses GL wird für eine andere Leistungsklasse der Maschine ein größeres Arbeitsvolumen erzeugt. So werden Maschinen unterschiedlicher Leistungsklassen einfach mit einer Veränderung der Bauteillängen in Achsrichtung hergestellt. Selbstverständlich wird für größere Änderungen der Leistung der Durchmesser des zylindrischen Gehäuses G geändert.

[0060] Die Zahl der über ein Führungselement starr verbundenen Kolben auf einem Kolbenträger ist im Prinzip beliebig. Zweckmäßig ist nur eine gleiche Zahl von Kolben auf den verschiedenen Führungselementen gegeneinander arbeiten zu lassen, um die Zahl der Arbeitsvolumina anzugleichen.

[0061] Figur 15 zeigt verschiedene keilförmige Kolbensätze, die im Gerät paarweise in einander greifen. Gegenüber der Bauweise mit zwei Doppelkolben bringt der Einsatz von höheren Kolbenzahlen den Vorteil eine höhere Stufenzahl in einer Maschine realisieren zu können oder die Druckdifferenzen zwischen den benachbarten Volumina zu verkleinern. Außerdem verringert sich die Winkelmodulation und die Stärke der Geschwindigkeitsmodulation. Im Gegenzug wird das äußere Pendelgetriebe den veränderten Zyklen durch entsprechende Übersetzungen angepasst.

[0062] Öffnungen mit Zuführungskanälen in der Gehäusewand dienen dem Austausch von Betriebsmedien. Solche Öffnungen werden nicht nur im rohrförmigen Gehäuseteil, sondern bedarfsweise auch in den Deckeln und Seitenwänden des Gehäuses angebracht.

[0063] Figur 14 zeigt eine Ausführungsform mit einer besseren Strömungsführung, wobei die Zuführungskanäle EÖ und Auslässe AÖ in Richtung der Kolbenbewegung auf die Öffnungen gerichtet sind. Alle Öffnungen sind zumindest auf der Einstromseite nicht scharfkantig

und mit kleinen Radien gerundet.

Die Kolbenbewegung wird bevorzugt durch ein äußeres Pendelgetriebe derart gestaltet, dass sie über eine spezielle Getriebeübersetzung nach Amplitude, Modulation und Einsatz steuerbar ist. Die verschränkt ineinander gesteckten Kolben K werden über die Achsstummel A, die durch den seitlichen Gehäusedeckel D1 ragen, mit den Abtriebswellen dieses Getriebes über Zahnräder verbunden, wie es etwas in Figur 14 gezeigt ist.

[0064] Ferner zeigt Figur 18 in einer Schnittzeichnung einen Einblick in ein aufgeschnittenes Gehäuse mit den zwei Kolben K1 und K2, die von zwei zusammengesteckten Achsteilen A1 und A2 bewegt werden. Die Bauteile sind einzeln durch Beschriftung kenntlich gemacht. Ergänzend zeigen die Figuren 14 und 15, dass die Kolben verschränkt zusammengesteckt werden und eigene Achsen W und A haben, die bei der Ausführung in Zeichnung 14 für den Kolben K durch den konischen Deckel D1 des Gehäuses G gesteckt werden.

Die zylindrische, innere Achse W des einen Kolben dient jeweils dem anderen Kolben als Gleit- und Dichtfläche. K bezeichnet einen Kolben, der auf dem Achsabschnitt W der geteilten Achsen befestigt ist. Eine Dichtung Di1 oder Di2 gemäß Figur 18 verhindert ein Ausströmen von Medium durch die Spalte der mit-rotierenden Seitenscheiben. Normale Wellendichtungen sind auch für die Achsenaustritte aus dem Gehäuse vorgesehen.

[0065] Eine weitere Ausgestaltung der Maschine verwendet mitrotierende Seitenwände. Dabei werden, wie in Figur 18 gezeigt, die Kolben K1 und K2 nicht nur an einer Zentralachse sondern auch an den Seitenwänden S1 und S2 befestigt. Dadurch entfällt zumindest auf einer Seite die Notwendigkeit der Abdichtung der Kolbenseitenfläche. Außerdem können die beiden Kolbenscheiben gegeneinander verspannt werden, so dass auch eine Abdichtung auf der Gegenseite erleichtert wird. Die Kolbenscheiben haben eine zusätzliche Abdichtung Di, vorzugsweise als Labyrinth-Dichtung ausgeführt, um die Reibungsverluste am Außenumfang zu minimieren. Allerdings macht diese Bauweise zusätzlich ein äußeres Gehäuse D1, D2 erforderlich, welches dann allerdings wieder für Kühlzwecke für die Scheiben und die angesetzten Kolben eingesetzt werden kann. Somit ist eine Vollkühlung des gesamten Gerätes möglich, was bei hochbelasteten Maschinen von Vorteil ist.

[0066] Als Kolbenformen sind vorwiegend keilförmige Sektionen mit rechteckigen oder runden Querschnitten im Einsatz, wie sie in Figur 14 dargestellt ist, weil diese in der Herstellung und Wirkung Vorteile aufweist. Die Kolben K können auch als Hohlkörper gemäß der Darstellung in Figur 14, unten ausgeführt werden, um eine Innenkühlung oder Gewichtersparnis zu ermöglichen.

[0067] Die Kolben schließen jeweils zwischen sich, vorwiegend durch Führungselemente und Druckkräfte angetrieben, veränderte Volumina ein. Ein äußeres Getriebe nach den Figuren 17, 19 und 20 erzeugt zusammen mit einem Motor-Generator wie in Figur 21 über Achsen und Führungselemente die Pendeldrehung der Kol-

ben. Wesentlich ist, dass durch nicht runde Zahnräder ZR1 und ZR2 oder auch Zahnriemenscheiben auf eine äußere mit dem Gehäuse verbundene Koppel-Achse AL2 die Pendeldrehung auf die inneren Achsen bei AL1 übertragen wird. Dadurch werden die Kolben zwangsweise in eine pendelnde Drehbewegung versetzt, wie es die Figuren 19 und 20 verdeutlichen.

[0068] Ferner zeigt Figur 21 zwei Ausführungsformen, bei denen die Koppelachsen W1 und W2 jeweils über Motor-Generatoren angetrieben werden. Die aus dem Gehäusedeckel austretenden Achsstummel W und W1, W2 sind mit elektrisch gesteuerten Motor-Generatoren EMG und EMG1, EMG2 verbunden. Diese Variante der Kolbensteuerung erlaubt eine völlige Freiheit der Kolbenbewegung im Rahmen der möglichen Stellungen, wobei die Phasenlage und eine Winkeländerung besonders wichtig sind. Durch die elektronische Regelung und Steuerung aller Betriebsparameter der Rotationskolben-Maschine ist eine Optimierung der Betriebszustände für alle Lastfälle leicht möglich.

[0069] Die großen Einlass- und Auslassöffnungen für die Betriebsmedien, deren Abmessungen in Umfangsrichtung mit den wandbenachbarten Abmessungen der Kolbenaußenflächen korrespondieren, garantieren einen vollständigen und verlustarmen Medienaustausch. Wird eine zweite Rotationskolben-Maschine oder ein Turbolader zur Aufladung eingesetzt, so erweisen sich die großen Öffnungen im Gehäuse wegen des geringen Strömungswiderstandes und der Möglichkeit Zuleitungen großen Querschnittes zu verwenden, welche dann auch noch durch konische Ausführung zusätzliche Aufladungseffekte bewirken, zum Beispiel gegenüber Ventilen als besonders vorteilhaft.

[0070] In der ersten Variante als Abgaslader wird wie im oberen Teil von Figur 17 von der Rotationskolben-Maschine GR über Leitungen eine Verbindung zum Lader hergestellt. Bei einer Verwendung der Rotationskolben-Maschine als Verbrennungsmotor erweist es sich auch als vorteilhaft bei Bedarf eine zweite Rotationskolbenmaschine als freilaufenden Abgaslader oder auch als achsgekoppelten Kompressor zu verwenden, wie in Figur 17 gezeigt. Durch die feste Lage von Aktuatoren oder Öffnungen ist über die Verstellmöglichkeiten der Kolben auch während des Betriebes eine Anpassung vieler Betriebsparameter möglich.

[0071] Bei inneren Verbrennungsvorgängen können alle vier Takte eines üblichen Verbrennungsmotors bei einer kompletten Umdrehung des Kolbensystems nach Figur 12 absolviert werden. Dabei sind die Ein- und Auslassöffnungen dicht nebeneinander im Gehäuse angeordnet. Eine Zündhilfe ist an der geeigneten Stelle X gegenüber angebracht. Der Expansionstakt und der Ausstoßtakt verlaufen auf einer Seite bis zum Auslass AÖ. Auf der anderen Halbseite erfolgt von E bis X das Ansaugen und die Verdichtung. Durch Aushöhlen der Kolbenflächen werden auch besondere Brennraumformen geschaffen.

[0072] Besondere Vorteile bei der Verwendung des

Gerätes als Verbrennungsmotor bestehen in der kleinen Bauweise, dem zylindrischen Gehäuse mit zentraler Achse, den freilaufenden oder reibungsarmen achs- und lagergeführten Kolben, den großen wandschlüssigen Dichtflächen ohne Kurzschlüsse, dem dadurch möglichen Verzicht auf konventionelle Kolbendichtungen oder ersatzweise dem dadurch einfachen Einsatz von hydrodynamischen oder konventionellen Dichtungen, im Fehlen der sonst üblichen Ventile und zugehörigen Antriebe wie Steuerketten und Kipphebel, der Möglichkeit den Antrieb einseitig auszuführen und so auf der anderen Seite des Gehäuses zentral Innerversorgung wie zum Beispiel Kühlmittel für Kolbenkühlung oder Sondenleitungen einzuführen, oder auf der anderen Seite des Gehäuses zentral eine Doppelachse für ein Rotationskolbengerät als Ladekompressor anzuschließen, aufgrund des einseitigen Achsenaustrittes ein für sich geschlossenes Getriebe oder einen kompakten elektrischen Motorgenerator einzusetzen, durch diesen Motorgenerator mit einem umfassenden elektronisch geregelten Motormanagement alle gewünschten Betriebszustände im laufenden Betrieb einstellen zu können und so in der Summe der Eigenschaften über einen besseren Motor für den konventionellen aber auch den Hybridantrieb von Fahrzeugen zu verfügen. Eine besondere Bedeutung kommt noch einer Verwendung als Flugzeugmotor, Zweirad- oder Kleinfahrzeugantrieb zu, weil hier der leichte und einfache Aufbau, aber auch die Betriebssicherheit ein großer Systemvorteil sind.

[0073] Viele dieser Eigenschaften treffen in vergleichbarem Maße für die anderen Verwendungen als Pumpe, Verdichter, Druckluft- und Dampfmaschine zu. Hier ist besonders der dichtungsfreie, sehr reibungsarme Betrieb und die zweistufige Arbeitsweise des Doppelkolbengerätes zur Erhöhung des Wirkungsgrades interessant.

Um die Pendeldrehung der Kolben zur Variation der Zwischenräume zu erzeugen sind außerhalb des Gehäuses besondere Getriebe, Motoren und Antriebe vorgesehen. Alle Ausführungsformen der mechanischen Getriebe machen Gebrauch von gegeneinander verschränkten, eine ungleichförmige, pendelnde Drehung der Kolben erzeugenden Übertragungsmechanismen. Eine besondere Bedeutung kommt dabei den Zahnradgetrieben mit nicht kreisförmigen Rädern zu.

Bei Zahnradgetrieben können Aktuatoren für die Getriebeanlenkung auch die Verstellung der Phasenlage der Kolben zum Gehäuse ermöglichen. Auch eine Verdrehung der Getrieberäder im Stillstand wird zur Veränderung der Phasenlage eingesetzt. Dies kann für bestimmte Anwendungen, wie etwa in Verbrennungsmotoren wichtig sein. Figur 21 zeigt in zwei Beispielen das Zusammenwirken von Antrieb und Gerät. Oben ist ein Gerät mit zwei Motoren gezeigt, welche durch geeignete Steuerung selbst für die Pendelbewegung sorgen. Im unteren Teil der Figur 21 ist ein einseitiger Antrieb mit zwei die Pendelbewegung erzeugenden, vorzugsweise integrierten Motor-Generatoren dargestellt.

[0074] Ein Vorteil der Verwendung mechanischer Pendelgetriebe im Bereich mehr konventioneller Drehkolbengeräte gegenüber den elektronisch gesteuerten Motorgenerator ist der gleichförmig drehende An- oder Abtrieb. Der Motor oder Generator führt so eine gleichförmige Drehung aus. Damit können dann die konventionellen Motoren oder Generatoren beliebiger Bauart eingesetzt werden.

[0075] In der Figur 9 ist eine Ausführung gezeigt, bei der die Kolben eine mechanische Verbindung mit mitrotierenden Seitenscheiben haben. Die Regelung der Kolbenbewegung erfolgt dabei entweder nach wie vor über die herausgeführten Achsen oder auch durch eine elektrische Steuerung oder direkte Beeinflussung dieser Scheiben. Der Vorteil, der sich durch die mitrotierenden Seitenscheiben ergibt, besteht hauptsächlich darin, dass die Kolben eine zusätzliche mechanische Befestigung neben den zentralen Wellen haben. Wegen der zusätzlichen Dichtungsprobleme am Außenrand der Seitenscheiben wird man diese Lösung hauptsächlich bei extrem belasteten Maschinen, wie zum Beispiel Hochdruck-Wasser-turbinen oder -pumpen einsetzen, bei denen aufgrund des Betriebsmediums auch die Dichtungsproblematik nicht so relevant ist.

[0076] Zur Kühlung der Rotationskolbenmaschine werden bei Bedarf die Außenseiten des Gehäuses mit Kühlrippen oder Hohlräumen zur Flüssigkeitskühlung ausgeführt. Durch stärker ausgeführte Hohlachsen Z werden auch die Kolben bei Bedarf gekühlt. Eine derartige Innenkühlung ist insbesondere Figur 16 zu entnehmen. Bei der Ausführung mit mit-rotierenden Seitenscheiben können die Kolben und die Kolbenachsen über die Seitenscheiben im Kontakt gekühlt werden, so dass die Rotationskolben-Maschine "vollkommen temperiert" läuft und auch für extreme Belastungen geeignet ist.

[0077] Die großen Dichtflächen der Kolben, ohne die für viele Maschinen typischen Leckstellen, lassen auch eine Verwendung von hydrodynamischen Dichtungen zu. Diese bestehen darin, dass quer zur Leckströmungsrichtung scharfkantige Rillen angebracht werden oder dass die Dichtflächen mit kleinen grubenartigen Vertiefungen überzogen werden, welche in versetzten Reihen oder auch einfach statistisch gleichmäßig über die Fläche verteilt werden. In besonderen Fällen, zum Beispiel bei Medienwechsel innerhalb einer Maschine wird auch eine stärkere Differenzierung in Anordnung und Größe der Rillen oder Vertiefungen angewendet.

[0078] Durch die großen Kontaktflächen der Kolben mit den begrenzenden Wänden sind nur geringe Dichtungsprobleme vorhanden. Durch die großen Berührungsflächen mit den Wänden und Achsen erfolgt eine gute Abdichtung der Kammern gegeneinander und nach außen. Dennoch werden in speziellen Ausführungen bei den Kolben quer zur Leckströmung dünne Spalte als sogenannte Labyrinth-Dichtung angebracht. In so orientierte Spalten werden bei extremen Anforderungen, ähnlich wie Kolbenringe, auch Dichtleisten eingelegt, wie sie beispielsweise in Figur 15 schematisch dargestellt sind. Die

Kolbenaußenflächen werden dann zur Verbesserung der Abdichtung mit Rillen, Eindellungen und eingelegten Dichtleisten Di1 bis Di5 versehen. Es sind aber auch in Rahmen eingefasste Faserdichtungen Di6 möglich, welche bei großem Strömungswiderstand kaum Reibung verursachen. Da die Kolben im dafür geeigneten Betrieb durch die exakte Führung und Innenkühlung ohne Wandberührung laufen können und Labyrinthdichtungen verwendet werden, kann vorzugsweise auf Ölschmierung und Abdichtung verzichtet werden.

[0079] Insbesondere wird durch Achslagerung der Kolben ein wandberührungsfreier Betrieb möglich, so dass abgesehen von Achslagerreibung, keinerlei innere Reibungsverluste entstehen. Das hat einen erheblichen Einfluss auf den Wirkungsgrad aller dieser so betriebenen Rotationskolben-Maschinen. Damit könnten Steigerungen von 20% und mehr im Wirkungsgrad gegenüber bekannten Maschinen erreicht werden. Dabei ist besonders wichtig, dass Doppelkolben und Mehrfachkolben wegen der Druckkräfte auf beide Seiten des einzelnen Kolbens eine zweifache Zahl von gegeneinander gerichteten Momenten auf die Achse leiten. Das bewirkt, dass die Momente sich zum Teil aufheben und geringere Führungskräfte auftreten.

[0080] Selbst wenn man wegen der Leckverluste eingelegte Dichtungen einführt, so könnten diese, als leichte Trockendichtungen aus Kohle oder Kunststoff ausgeführt, einen ölfreien Betrieb und mithin einen immerhin noch sehr reibungsarmen Betrieb ermöglichen. Solche Trockendichtungen sind anwendbar, weil sie von der Kolbenkante abgesetzt, nur geringen Belastungen ausgesetzt sind und durch den exakten Rundlauf des Rotors nur geringe Ausgleichsbewegungen ausführen müssen. Durch die Kolbenbeschleunigung ausgelöste Querbewegungen können durch eingelegte Spannfedern verhindert werden. Bei Verwendung von breiten Dichtungen kann durch Profilierung der Auflagefläche der Dichtung eine vom Betriebsmedium getragene Gleitung ohne direkte Wandberührung erreicht werden, die dann trotz guter Wirkung sehr reibungsarm ist.

[0081] Durch die kompakte Bauweise ist eine erfindungsgemäße Rotationskolbenmaschine gegenüber einer normalen Kolbenmaschine klein. Für ein Hubvolumen von 2 Liter ist lediglich ein Zylinder-Gehäuse von nicht einmal 20 cm Durchmesser und 20 cm Länge erforderlich! Das Verhältnis von Gerätevolumen und Arbeitsvolumen erreicht nahezu 50%. Die kompakte Bauweise ergibt für eine sogenannte 1-Liter-Hubraum-Maschine ein Gerätevolumen mit äußeren Abmessungen von nur 15cm Durchmesser und 15cm Länge. Die zweistufige Vakuum-Pumpe für die Zuckerindustrie mit 1 Kubikmeter Arbeitsvolumen hat bei einer Drehfrequenz von 300 U/min mit einer Pumpleistung von 20.000 m³/h nur Abmessungen von 1,5m nach Länge und Durchmesser.

[0082] Die vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten und Bauformen lassen das Gerät bei zahlreichen Anwendungen interessant erscheinen. Diese sind in Kompressoren und Vakuumpumpen, in Druck- und Saugpumpen,

Turbinen und nicht zuletzt in Verbrennungsmotoren zu sehen. Sofern aus Gründen der Trägheitsarmut oder Innenkühlung keine Hohlkolben verwendet werden, ist ein Vorteil des Rotationskolbengerätes auch die verhältnismäßig große Masse der Kolben wodurch eine gleichmäßigere Drehung entsteht, und äußere Schwungmassen vermieden werden können. Auch der reibungsarme Betrieb durch die zwangsweise Kolbenführung und die Verstellmöglichkeiten der Kolbenbewegung während des laufenden Betriebes sind große Vorteile gegenüber bekannten Geräten.

[0083] Die Erfindung besteht also wesentlich darin, bislang auf unterschiedliche Geräte und Geräteteile verteilte Funktionen in einem einzigen Gerät bzw. einer einzigen Maschine zusammenzufassen.

Bezugszeichenliste

[0084]

A	Achse
A1, A2	Achsen
Ag	Getriebe-Achse
AL1, AL2	Achslager
An	Anker
AÖ	Auslassöffnung
An	Anker
AL	Ausgangsrohr
AL1, AL2	Achslager
AR	Arbeitsraum
AR1, 2, 3.....	Arbeitsräume
De	Deckel
De, D1,D2	Deckel
Di, Di1 bis Di5	Dichtung
E, EÖ	Einlassöffnung
Fe	Feld
Fl	Flansch
Fü	Führungsrille
ES	Einspritzung
EMG, EMG1, EMG2	Elektrischer Motorgenerator
ER, EL	Einlaßrohr
F	Filter, Schalldämpfer
Fl	Flansch
G	Gehäuse
GA	Abgaslader
GE	Generator
Gw	Gewindgänge
GG	Getriebe
GR	Rotationskolbenmaschine
Hü	Hülse K1 bis K4
He1 - He4	Kurvenführungen
K	Kolben
Ke	Kette
Ko (1, 2)	Kolben
K1 bis K8	Kolben
K1-1 bis K2-2	Kolben
Kr1, Kr2	Kettenräder
L	Leitung

L1, L2...	Leitungen
LL, LL1, LL2	Ladeleitung
MR	Mitteldruckrohr
Mo (1, 2)	Motor-Generator
5 Ö	Gehäuse - Öffnung
Pf	Pfeil
Ra	Riemenantrieb
Ri	Führungsrille
R	Rückleitung
10 S	Schiebeführung
Spi	Spindel
Spa	Spanner
V	Ventil
W, W1, W2	Welle
15 X	Zündhilfe
Z	Zuleitung
ZR1 - ZR4	Zahnräder
Za (1, 2)	Zahnriemen
ZK	Zwischenkühler
20	

Patentansprüche

1. Rotationskolbenmaschine mit wenigsten zwei Kolben, die sich innerhalb eines Arbeitsraums mit konstantem Querschnitt, der von einer hohlzylinder- oder ringförmigen Außenwand und einer beabstandet dazu angeordneten zylinder- oder ringförmigen Innenwand eingeschlossen wird, auf einer Kreisbahn bewegen und mit Führungselementen, die mit den Kolben in Wirkverbindung stehen und diese wenigstens zeitweise bewegen oder von den Kolben bewegt werden, wobei sich die Kolben derart auf einer Kreisbahn im Arbeitsraum bewegen, dass ein zwischen den Kolben eingeschlossenes Volumen während einer Umdrehung der Kolben wenigstens zeitweise variiert und die Kolben derart gegeneinander beweglich angeordnet sind, dass die Kolben eine definierte und/oder einstellbare Pendeldrehung im Arbeitsraum ausführen,
dadurch gekennzeichnet, dass äußere Getrieberräder und/oder geeignete Aktuatoren vorgesehen sind, durch deren Verstellung die Kolbenbewegung während des Betriebes verändert wird.
2. Rotationskolbenmaschine nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegung der Kolben derart gesteuert wird, dass die Arbeitsräume bedarfsweise durch Amplitude und Phasenlage der schwingenden Kolbenbewegung bezüglich der Grunddrehung bei fester Modulationsfrequenz im Volumen und ihrer Lage verstellt werden.
3. Rotationskolbenmaschine nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass die Modulationsfrequenz als ein ganzzahliges Vielfaches der Drehfrequenz eingestellt wird.

4. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass durch Auswahl spezieller Getriebeübersetzungen in einem äußeren, im Anlenkwinkel zu Kolbenachsen verstellbaren Pendelgetriebe durch ins Gehäuse führenden Achsen der Kolben die schwingende Kolbenbewegung nach Amplitude, Phasenlage, Modulation und nach Einsatzpunkt mit Hilfe von Aktuoren und Sensoren in der Gehäusewand gesteuert wird. 5
5. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass die Führungselemente über Mittel zur Erzeugung von Drehfeldern verfügen. 10
6. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Außenfläche zumindest eines Kolbens eine Rille, eine Eindellung und/oder eine Dichtleiste aufweist. 20
7. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens einer der Kolben durch eine mitrotierende, gegen die Außen- oder die Innenwand abgedichtete Seitenwand geführt wird. 25
8. Rotationskolbenmaschine nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, dass die Seitenwand ein Bauteil eines Antriebselements und/oder einer Kühlung ist. 30
9. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegung wenigstens eines der Kolben in Abhängigkeit von Signalen, die mittels Aktuatoren und/oder Sensoren erzeugt werden, steuerbar ist. 35
10. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass die Führungselemente mit einem Getriebe in Wirkverbindung stehen, durch das, insbesondere durch bedarfsgerechte Verlagerung der Getrieberäder und deren Achsen relativ zur Zentralachse, eine Phasenverschiebung in Bezug auf die Bewegung der beiden Kolben einstellbar ist. 40
11. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, dass Mittel vorgesehen sind, insbesondere elektrische Motoren und Generatoren, durch die die Bewegung der Kolben vor allem in Bezug auf Amplitude, Phasenlage, Modulation und nach Einsatzpunkt und relativer Lage zu Aktuatoren und/oder Ventilationsöffnungen in der Außen- oder Innenwand elektronisch steuerbar ist. 45
12. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass der Arbeitsraum an gegenüberliegenden von Gehäusedeckeln begrenzt wird, von denen wenigstens einer von Hohl- und/oder Steckachsen in der Anzahl der Kolbenachsen durchdrungen wird, die als An- und/oder Abtriebsachsen dienen. 50
13. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Außenflächen der Kolben, die dem zur Aufnahme von Betriebsmedien zugewandten Teil des Arbeitsraums zugewandt ist, zumindest eine Aushöhlung und/oder Rille aufweist. 55
14. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, dass im Gehäuse vorgesehene innere Gleit- und Führungsachsen der Kolben einen Durchmesser von etwa einem Drittel des Gehäusedurchmessers entsprechend dem Durchmesser der hohlzylinder- oder ringförmigen Außenwand aufweisen. 60
15. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 14,
dadurch gekennzeichnet, dass die Gehäuselänge einer Radiendifferenz zwischen Gleitachse und zylindrischem Gehäuse entspricht. 65
16. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 15,
dadurch gekennzeichnet, dass die Kolben in radialer Richtung nach außen keilförmig ausgebildet sind, insbesondere mit einem Keilwinkel, der von dem Modulationsgrad der Pendelbewegung abhängig ist. 70
17. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 16,
dadurch gekennzeichnet, dass der Außen- oder Innenwand zugewandten Kolbenflächen mit Mulden, Rillendichtungen und/oder mit in Rillen eingelegten, abgefederten, oder auch gestaffelten Dichtleisten versehen sind. 75
18. Rotationskolbenmaschine nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet, dass die der Außen- oder Innenwand zugewandten Kolbenflächen mit Bohrungen und sinter-, samt- und filzartigen Dichtungen in von festen Dichtleisten eingerahmten Feldern abgedichtet werden. 80

Claims

1. A rotary piston machine with at least two pistons moving on a circular path within a working space with a constant cross-section, enclosed by an outer wall having a shape of a hollow cylinder or a ring and an inner wall having a shape of a cylinder or a ring arranged spaced therefrom, and with guide elements in operative connection with the pistons and moving these or being moved by the pistons at least temporarily, wherein the pistons move on a circular path in the working space, such that a volume enclosed between the pistons varies at least temporarily during a revolution of the pistons, and the pistons are arranged movable relative to one another, such that the pistons perform a defined and/or adjustable pendular rotation in the working space,
characterized in that outer gearwheels and/or suitable actuators are provided, with the adjustment of which the piston motion is changed during operation.
2. The rotary piston machine according to claim 1,
characterized in that the motion of the pistons is controlled such that the working spaces are adjusted as needed with regard to their volume and their position by changing amplitude and phasing of the oscillating piston motion compared to the basic rotation at a fixed modulation frequency.
3. The rotary piston machine according to claim 2,
characterized in that the modulation frequency is set as an integral multiple of the rotational frequency.
4. The rotary piston machine according to any one of claims 1 to 3,
characterized in that, by selecting special gear ratios in an outer pendulum gear, adjustable in the articulation angle to the piston axes, using axes of the pistons entering the housing, the oscillating piston motion is controlled by amplitude, phasing, modulation, and application point using actuators and sensors in the housing wall.
5. The rotary piston machine according to any one of claims 1 to 4,
characterized in that the guide elements are provided with means for generating rotating fields.
6. The rotary piston machine according to any one of claims 1 to 5,
characterized in that at least one outer surface of at least one piston has a groove, an indentation and/or a sealing strip.
7. The rotary piston machine according to any one of claims 1 to 6,
characterized in that at least one of the pistons is guided through a co-rotating sidewall sealed against the outer or the inner wall.
8. The rotary piston machine according to claim 7,
characterized in that the sidewall is a component of a drive element and/or a cooling unit.
9. The rotary piston machine according to any one of claims 1 to 8,
characterized in that the motion of at least one of the pistons is controllable depending on signals generated using actuators and/or sensors.
10. The rotary piston machine according to any one of claims 1 to 9,
characterized in that the guide elements are in operative connection with a gear unit, by which, in particular by displacing the gearwheels and their axes relative to the central axis as needed, a phase shift with regard to the motion of the two pistons can be adjusted.
11. The rotary piston machine according to any one of claims 1 to 10,
characterized in that means are provided, in particular electric motors and generators, by which the motion of the pistons above all with regard to amplitude, phasing, modulation and by application point and relative position to actuators and/or ventilation openings in the outer or inner walls can be controlled electronically.
12. The rotary piston machine according to any one of claims 1 to 11,
characterized in that the working space is limited at opposite housing covers, of which at least one is penetrated by hollow and/or slide-in shafts in the number of the piston axes serving as drive and/or output shafts.
13. The rotary piston machine according to any one of claims 1 to 12,
characterized in that at least one outer surface of the pistons facing that part of the working space facing the intake of operating media has at least one recess and/or groove.
14. The rotary piston machine according to any one of claims 1 to 13,
characterized in that inner slide and guide shafts of the pistons provided in the housing have a diameter of about one third of the housing diameter according to the diameter of the outer wall having a shape of a hollow cylinder or a ring.
15. The rotary piston machine according to any one of claims 1 to 14,
characterized in that the housing length corresponds to a difference in radius between slide shaft

and cylindrical housing.

16. The rotary piston machine according to any one of claims 1 to 15,
characterized in that the pistons, in the radial direction, are formed outwardly wedge-shaped, in particular with a wedge angle depending on the degree of modulation of the pendular motion. 5
17. The rotary piston machine according to any one of claims 1 to 16,
characterized in that piston surfaces facing the outer or inner walls are provided with hollows, groove seals and/or with sealing strips inserted into grooves, cushioned or also staggered sealing strips. 10 15
18. The rotary piston machine according to claim 17,
characterized in that the piston surfaces facing the outer or inner walls are sealed with drill holes and sinter-, velvet- and felt-like sealings in fields framed by fixed sealing strips. 20

Revendications

1. Machine à pistons rotatifs comprenant au moins deux pistons qui meuvent sur un trajectoire circulaire à l'intérieur d'un espace de travail d'une section constante, lequel étant renfermé par une paroi extérieure en forme de cylindre creux ou en forme d'anneau et par une paroi intérieure cylindrique ou annulaire disposée de façon espacée par rapport à celle-ci, et comprenant des éléments de guidage qui sont en liaison active avec les pistons et qui meuvent ceux-ci du moins temporairement ou qui sont mus par les pistons, lesdits pistons se mouvant sur un trajectoire circulaire dans l'espace de travail de manière à ce qu'un volume renfermé entre les pistons varie du moins temporairement durant un tour des pistons, et les pistons étant disposés de manière mobile l'un par rapport à l'autre de manière à ce que les pistons effectuent un mouvement pendulaire défini et/ou réglable dans ledit espace de travail,
caractérisée en ceci que des roues d'engrenage extérieures et/ou des actionneurs appropriés sont prévus dont le réglage conditionne le mouvement des pistons durant le fonctionnement. 40 45
2. Machine à pistons rotatifs selon la revendication 1,
caractérisée en ceci que ledit mouvement desdits pistons est piloté de manière à ce que le volume et la position desdits espaces de travail soient réglés, en fonction du besoin, en raison d'un changement de l'amplitude et de la position de phase dudit mouvement pendulaire des pistons par rapport à la rotation de base tout en maintenant une fréquence de modulation fixe. 50 55

3. Machine à pistons rotatifs selon la revendication 2,
caractérisée en ceci que ladite fréquence de modulation est réglée comme un multiple entier de la fréquence de rotation.
4. Machine à pistons rotatifs selon l'une des revendications 1 à 3,
caractérisée en ceci qu'en choisissant des rapports de transmission spécifiques dans un engrenage oscillant extérieur à angle d'attaque réglable par rapport aux axes de piston, ledit mouvement pendulaire des pistons est piloté en raison des axes des pistons menés dans le boîtier selon l'amplitude, la position de phase, la modulation et le point de début à l'aide d'actionneurs et de capteurs en place dans la paroi du boîtier.
5. Machine à pistons rotatifs selon l'une des revendications 1 à 4,
caractérisée en ceci que lesdits éléments de guidage disposent de moyens destinés à générer des champs tournants.
6. Machine à pistons rotatifs selon l'une des revendications 1 à 5,
caractérisée en ceci qu'au moins une face extérieure d'au moins un des pistons présente une rainure, un enfoncement et/ou une nervure d'étanchéité. 25 30
7. Machine à pistons rotatifs selon l'une des revendications 1 à 6,
caractérisée en ceci qu'au moins un desdits pistons passe à travers d'une paroi latérale solide en rotation et qui est étanchéifiée contre la paroi extérieure ou la paroi intérieure. 35
8. Machine à pistons rotatifs selon la revendication 7,
caractérisée en ceci que ladite paroi latérale constitue une composante d'un élément d'entraînement et/ou d'un refroidisseur. 40
9. Machine à pistons rotatifs selon l'une des revendications 1 à 8,
caractérisée en ceci que le mouvement d'au moins un desdits pistons peut être piloté en fonction des signaux qui sont générés au moyen d'actionneurs et/ou de capteurs. 45
10. Machine à pistons rotatifs selon l'une des revendications 1 à 9,
caractérisée en ceci que lesdits éléments de guidage se trouvent en liaison active avec un engrenage qui permet de régler un décalage de phase par rapport au mouvement des deux pistons notamment en raison d'un déplacement en fonction du besoin des roues d'engrenage et de leurs axes relativement à l'axe central. 50 55

11. Machine à pistons rotatifs selon l'une des revendications 1 à 10,
caractérisée en ceci que des moyens sont prévus, notamment des moteurs et des générateurs électriques, et qui permettent de contrôler électroniquement le mouvement desdits pistons notamment en ce qui concerne l'amplitude, la position de phase, la modulation et le point de début et la position relative par rapport aux actionneurs et/ou ouvertures de soupape dans la paroi extérieure ou la paroi intérieure. 5 10
12. Machine à pistons rotatifs selon l'une des revendications 1 à 11,
caractérisée en ceci que ledit espace de travail est limité, sur les faces opposées, par des couvercles de boîtiers, dont au moins un est traversé par un nombre d'axes creux et/ou d'axes enfichables identique au nombre d'axes de piston et qui servent d'axes menant et/ou d'axes menés. 15 20
13. Machine à pistons rotatifs selon l'une des revendications 1 à 12,
caractérisée en ceci qu'au moins l'une des faces extérieures desdits pistons et qui est orientée vers la partie de l'espace de travail orientée vers la réception des fluides de service présente du moins un creux et/ou une rainure. 25
14. Machine à pistons rotatifs selon l'une des revendications 1 à 13.
caractérisée en ceci que les axes intérieurs de glissement et de guidage desdits pistons et qui sont prévus dans le boîtier présentent un diamètre d'environ un tiers du diamètre du boîtier correspondant au diamètre de la paroi extérieure en forme de cylindre creux ou en forme d'anneau. 30 35
15. Machine à pistons rotatifs selon l'une des revendications 1 à 14,
caractérisée en ceci que la longueur du boîtier correspond à une différence des rayons entre l'axe de glissement et le boîtier cylindrique. 40
16. Machine à pistons rotatifs selon l'une des revendications 1 à 15,
caractérisée en ceci que lesdits pistons sont, en sens radial, agencés cunéiformes vers l'extérieur, notamment avec un angle de calage qui dépend du degré de modulation dudit mouvement pendulaire. 45 50
17. Machine à pistons rotatifs selon l'une des revendications 1 à 16,
caractérisée en ceci que lesdites faces de piston orientées vers ladite paroi extérieure ou ladite paroi intérieure sont équipées de cavités, de joints en coupelle et/ou de nervures d'étanchéité qui sont placées dans des rainures, amorties ou encore échelonnées. 55
18. Machine à pistons rotatifs selon la revendication 17,
caractérisée en ceci que lesdites faces de piston orientées vers ladite paroi extérieure ou ladite paroi intérieure sont étanchéifiées avec des trous et des joints frittés, veloutés et feutrés dans des champs encadrés par des nervures d'étanchéité fixes.

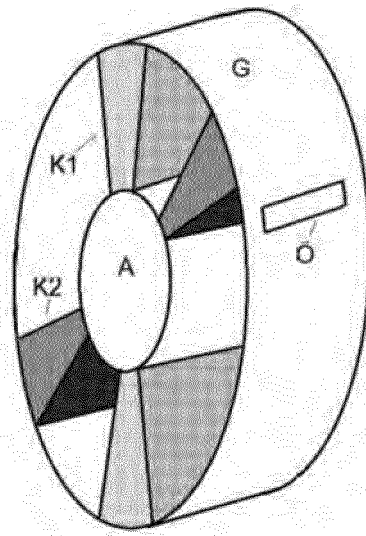


Fig. 1

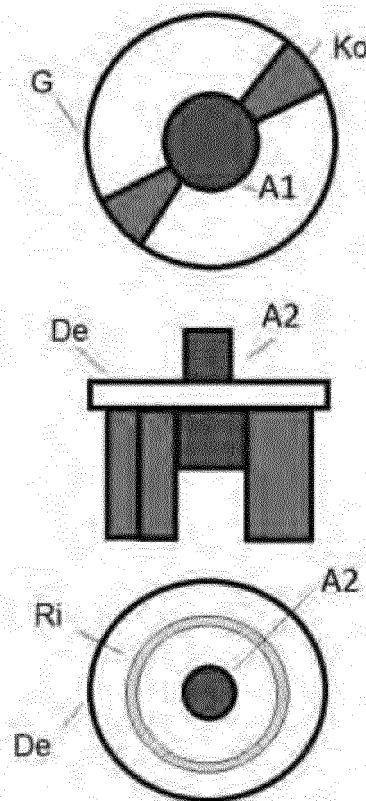


Fig. 2

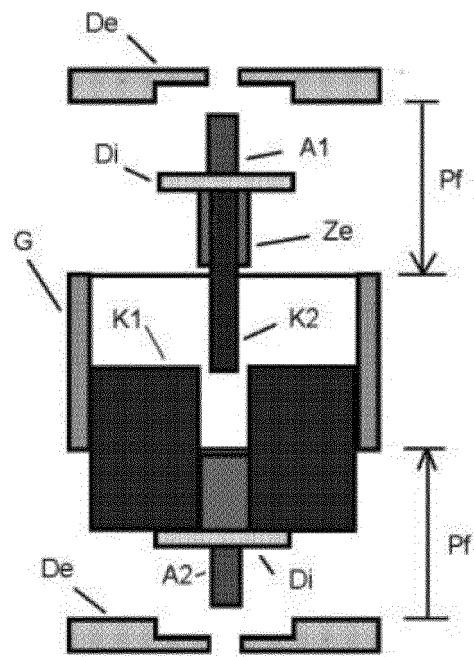


Fig. 3

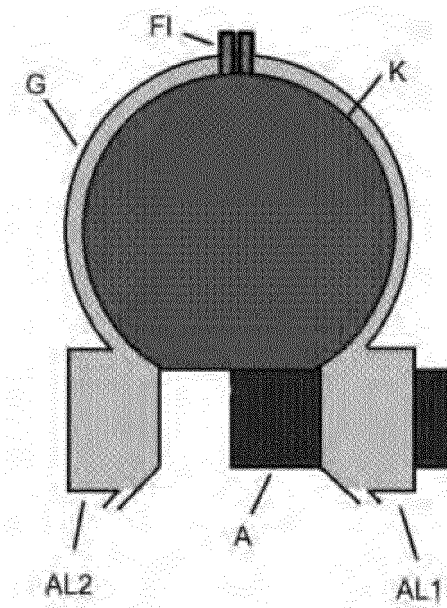


Fig. 4

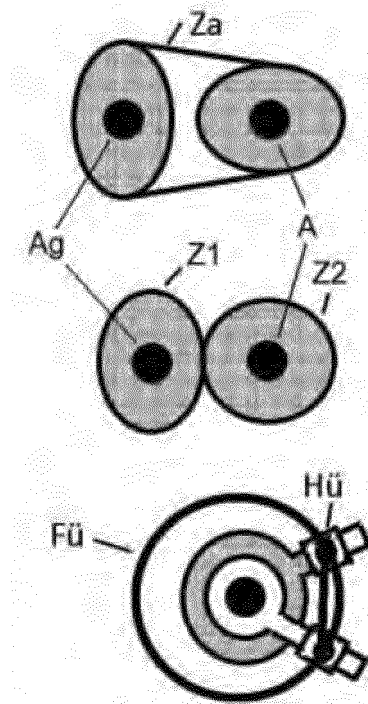


Fig. 5

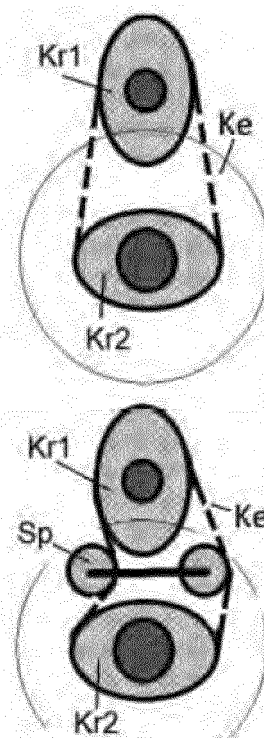


Fig. 6

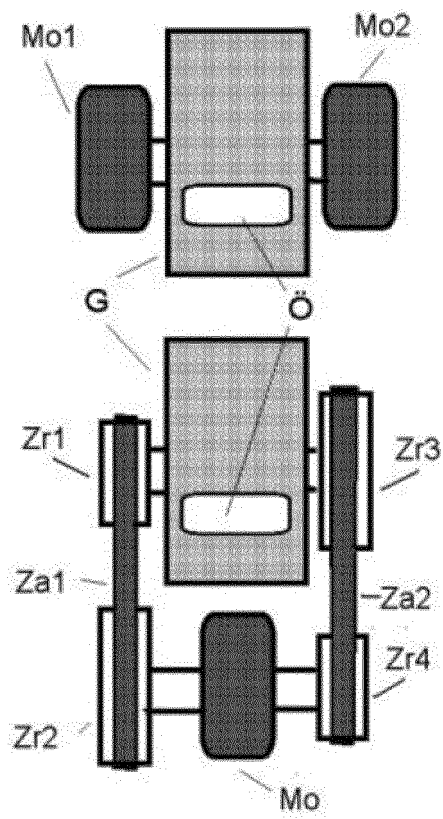


Fig. 7

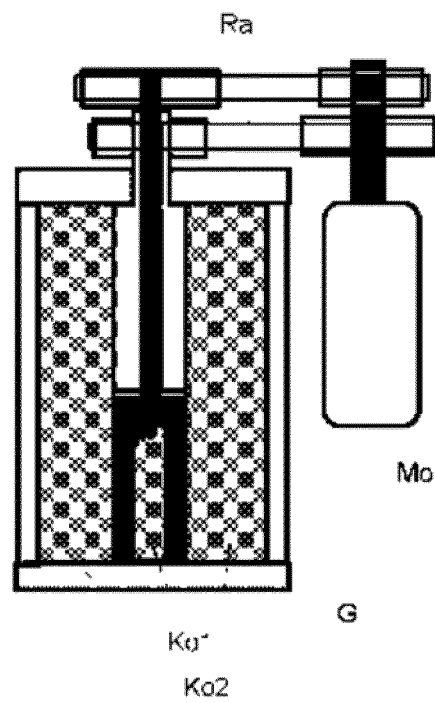


Fig. 8

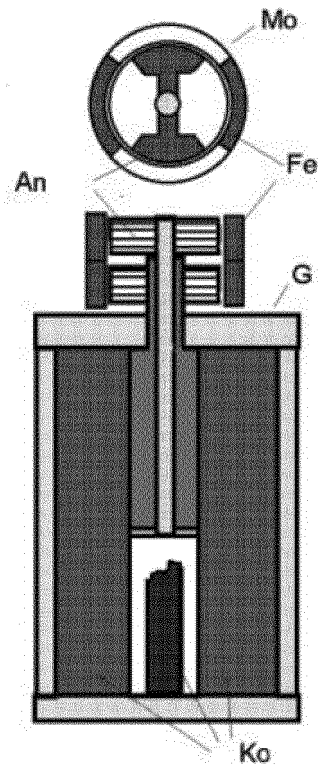


Fig. 9

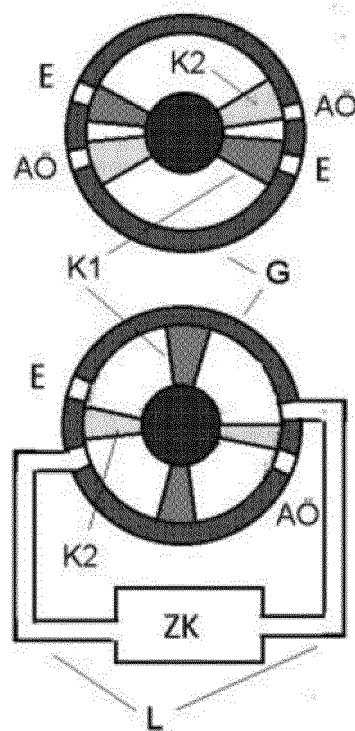


Fig. 10

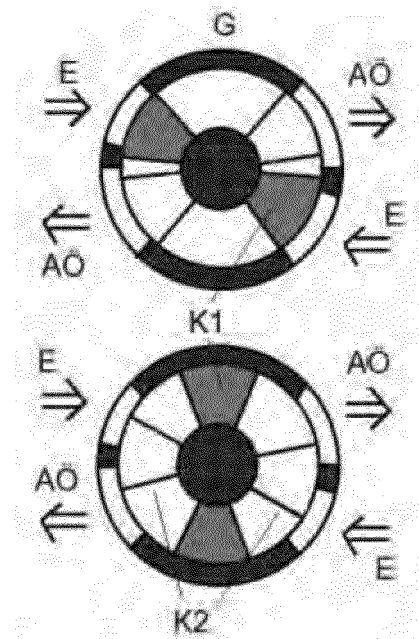


Fig. 11

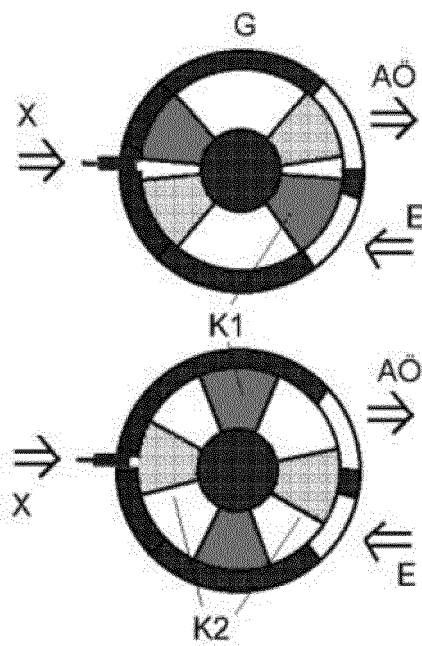


Fig. 12

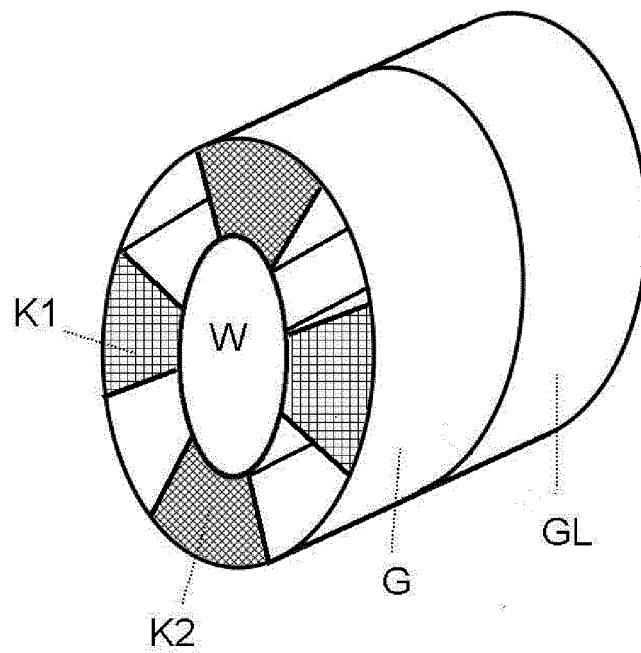


Fig. 13

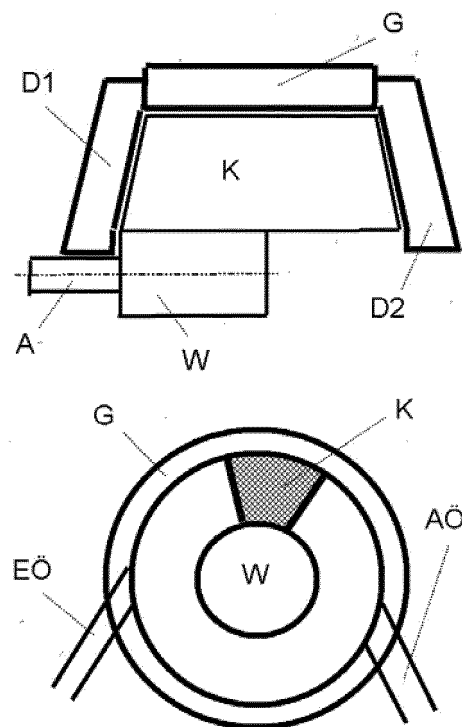


Fig. 14

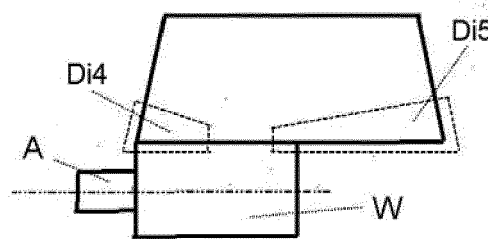
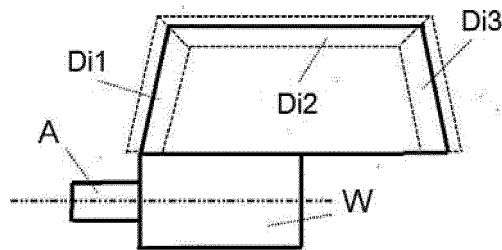


Fig. 15

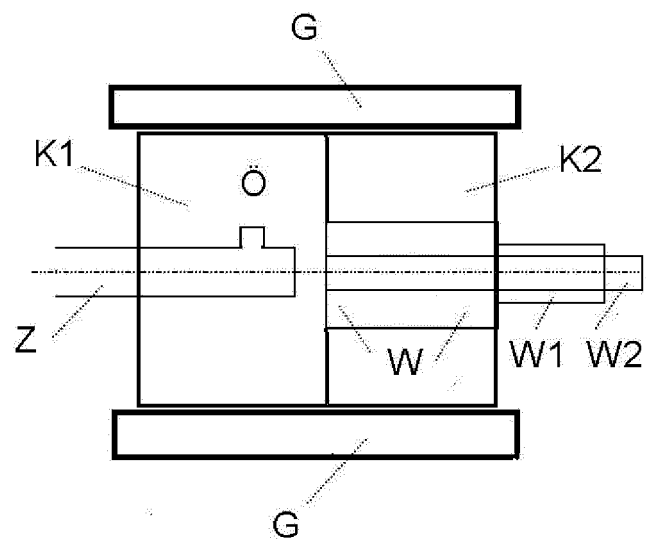


Fig. 16

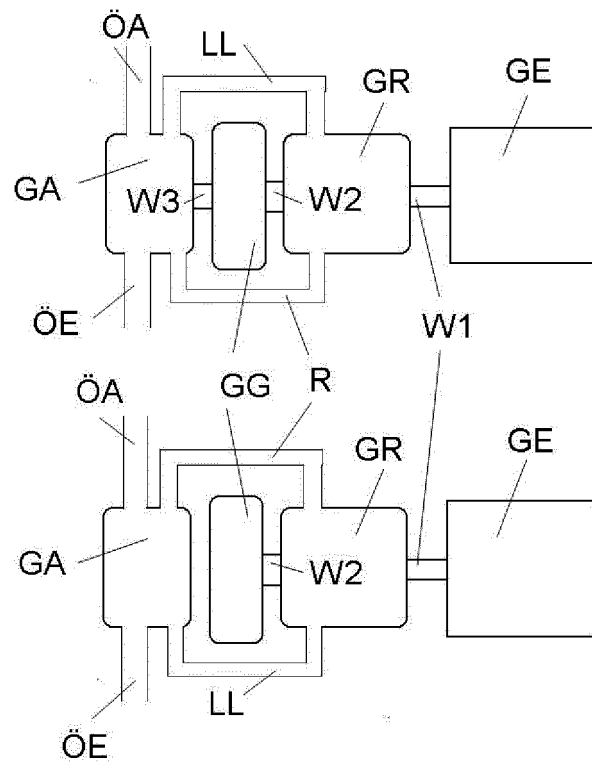


Fig. 17

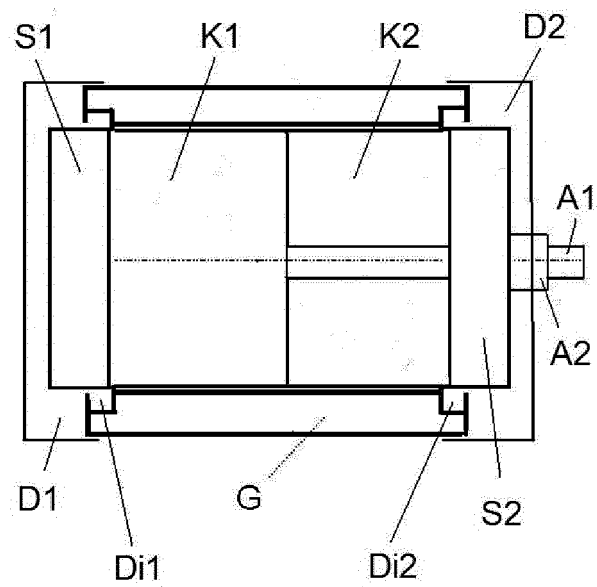


Fig. 18

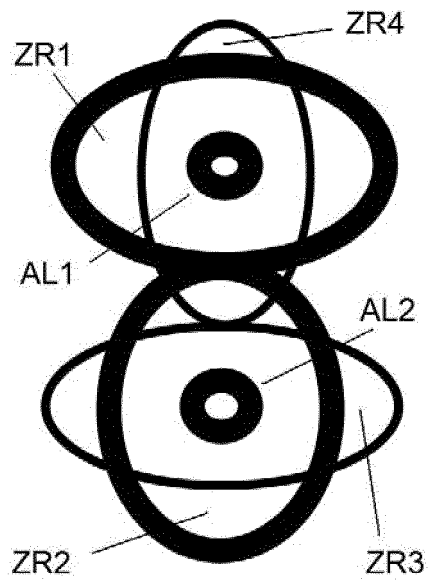


Fig. 19

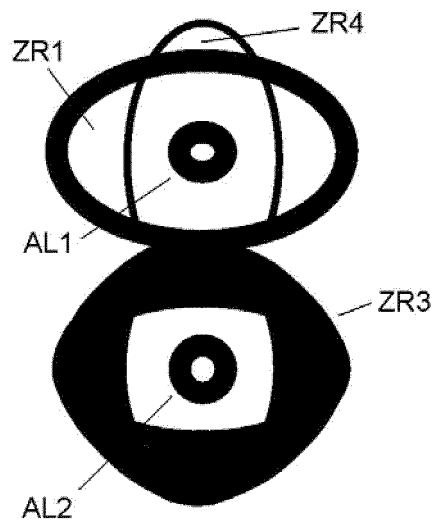


Fig. 20

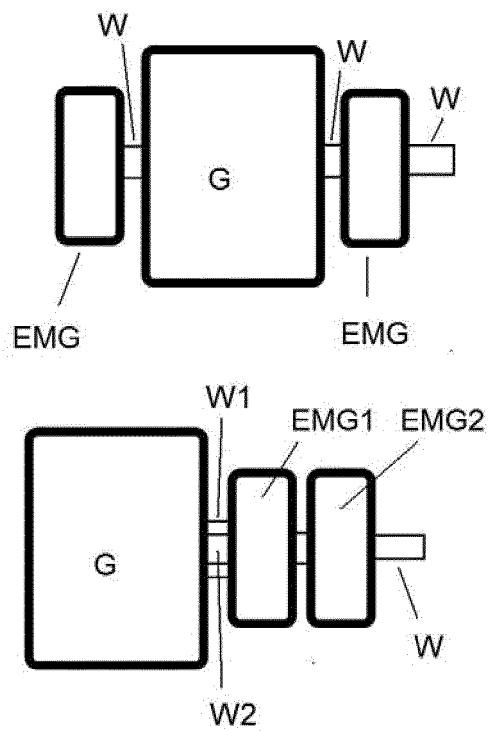


Fig. 21

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

- DE 1576912 [0001] [0008]
- DD 258042 A1 [0007]