

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges  
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum  
29. Januar 2015 (29.01.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2015/010780 A2**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
*F04C 18/063* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/001979
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
21. Juli 2014 (21.07.2014)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2013 012 128.0 19. Juli 2013 (19.07.2013) DE  
10 2014 001 350.2  
1. Februar 2014 (01.02.2014) DE  
10 2014 009 108.2 20. Juni 2014 (20.06.2014) DE
- (72) Erfinder; und
- (71) Anmelder : MEIER, Gerd, E., A. [DE/DE]; Am  
Menzelberg 6, 37077 Göttingen (DE).
- (74) Anwalt: HEINEMEYER, Karsten; Charlottenstrasse 19a,  
23560 Lübeck (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,  
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,  
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,  
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,  
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,  
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,  
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,  
RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH,  
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,  
ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,  
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,  
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,  
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,  
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,  
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,  
GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ROTARY PISTON MACHINE

(54) Bezeichnung : ROTATIONSKOLBENMASCHINE

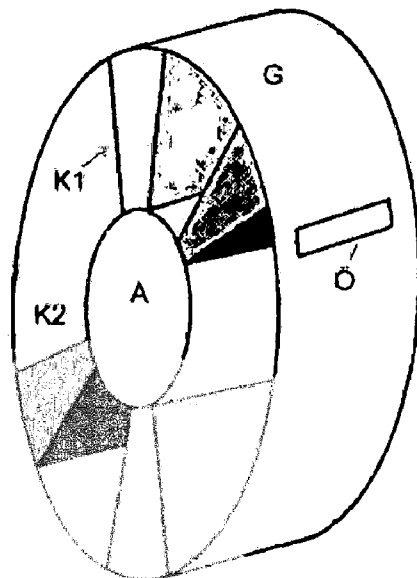


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a rotary piston machine with at least two pistons which move on a circular path within a working chamber with a constant cross-section that is enclosed by a hollow cylindrical or annular outer wall and a cylindrical or annular inner wall arranged at a distance from said outer wall. Guiding elements are provided which are operatively connected to the pistons and at least temporarily move the pistons or are moved by the pistons. The invention is characterized in that the pistons move on a circular path in the working chamber such that a volume enclosed between the pistons varies at least temporarily during a rotation of the pistons.

(57) Zusammenfassung: Beschrieben wird 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. Hierbei sind Führungselemente vorgesehen, die mit den Kolben in Wirkverbindung stehen und diese wenigstens zeitweise bewegen oder von den Kolben bewegt werden. Die beschriebene technische Lösung zeichnet sich dadurch aus, dass 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.

WO 2015/010780 A2



---

**Veröffentlicht:**

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

## Rotationskolbenmaschine

Die Erfindung betrifft 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. Die Kolben stehen mit Führungselementen in Wirkverbund, so dass diese wenigstens zeitweise entweder von den Kolben bewegt werden oder die Kolben bewegen.

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.

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.

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.

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.

Darüber hinaus ist der Brennraum einer Rotationskolbenmaschine aufgrund der ungünstigen halbmondförmigen Form im Vergleich zum halbkugelförmigen, durch Zylinderwand, Zylinderkopf und dem Kolbenboden 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.

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.

In diesem Zusammenhang ist aus der DD 258 042 A1 eine Rotationskolbenmaschine mit einem torusförmigem 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.

Zusammenfassend bleibt somit festzuhalten, dass bei bekannten Pumpen, Verdichtern, Druckluft- und Verbrennungsmotoren mit rotierenden Kolben aufgrund der vergleichs-

weise komplizierten Gehäuse- und Kolbenformen sowie von Dichtungsprobleme 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.

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.

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.

Erfindungsgemäß ist eine 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, derart weitergebildet worden, dass 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 Kolben führen somit während Ihrer Drehbewegung auch eine Relativbewegung zu einander aus, wobei zwischen den einzelnen Kolben ein variiertes 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 die 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 mehreckig, beispielsweise viereckig, ausgeführt sein. Eine

erfindungsgemäß ausgeführte Rotationsmaschine ist bevorzugt als Pumpe, Verdichter, Turbine, Druckgas- und/oder Verbrennungsmotor einsetzbar.

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.

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 des 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.

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.

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.

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 Sen-

soren 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.

Eine besonders vorteilhafte Gestaltung sieht vor, dass die Kolbenbewegung während des Betriebs der Rotationskolbenmaschine verstellbar wird. Vorzugsweise wird durch Verstellen äußerer Getrieberäder und/oder geeigneter Aktuatoren die Kolbenbewegung auch während des Betriebes verändert.

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 Durchmesser 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.

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 Gehäusewand 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 ein-

gestellt, wobei die Pendelamplituden durch die Exzentrizität der Getrieberäder und eine Übersetzung durch abgestimmte Zähnezahlen und Umfang der Räder einstellbar ist.

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 Gehäusewand elektronisch steuerbar. Bei Bedarf ist es denkbar, eine Mehrzahl elektrischer Motoren und Generatoren, vorzugsweise entsprechend der Zahl der Achsen in einem Gerät zusammenzufassen.

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 gesteckt 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.

Vorzugsweise ist wenigstens eine nicht wandschlüssige, 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 Gehäusewand 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  $45^\circ$  vorteilhaft erscheint und die Kolbenaußenflächen zum Gehäusedeckel hin und/oder der dazu passende Gehäusedeckel selbst, bei Bedarf konisch gestaltet sind.

Gemäß einer weiteren speziellen Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die Spaltmaße zwischen Kolben und Innen- und/oder Außenwand klein sind und die Gerätematerialien thermisch unempfindlich sind. Ferner ist es vorteilhaft, wenn die Innenwände des Gehäuses und die wandchlüssigen 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 wand-benachbarten 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.

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, verschiebliche 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.

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.

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.

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

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.

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 Arbeitstakte 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.

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.

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

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.

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 einer ersten Expansion und vier einer Nachexpansion dienen.

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.

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 wird hiermit die Arbeitsweise, der Wirkungsgrad und die Leistung einer Maschine gesteuert. Ebenso ist es denkbar, als Zusatzgeräte wenigstens einen Filter und/oder Schalldämpfer einzufügen.

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.

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.

In einer weiteren Ausführungsform werden in einer Multifunktions-Rotationsmaschine zentrale Wellenabschnitte durch eine Zwangssteuerung 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.

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.

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 Nebenggregate zu schaffen, woraus bei Bedarf eine kompakte Einheit gebildet wird, die in einem Gehäuse zusammengefasst wird. Bevorzugt erzeugt einer 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.

Gemäß einer ganz besonderen Weiterbildung der Erfindung wird der Antrieb von Führungselementen, insbesondere von Wellen, die mit den Kolben in Wirkverbindung stehen, durch erste unrunde 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.

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 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;
- Fig. 22: Schnittansicht eines Arbeitsraumes mit einer Vielzahl von Kolben, die jeweils veränderbare Arbeitsvolumen zwischen sich einschließen;
- Fig. 23: Schnittansicht eines Arbeitsraumes mit Kolben sowie Einlass- und Auslassöffnungen;
- Fig. 24: Multifunktions-Rotationskolbenmaschine;
- Fig. 25: Perspektivische Ansicht eines Arbeitsraumes mit einer Vielzahl von Kolben, die jeweils veränderbare Arbeitsvolumen zwischen sich einschließen;
- Fig. 26: Explosionsdarstellung einer Rotationskolbenmaschine mit Kolben, die auf beidseitig Gehäusedeckel durchragenden Achsstummeln angeordnet sind;
- Fig. 27: Perspektivische Darstellung zweier Kolbenanordnungen mit jeweils drei Kolben;
- Fig. 28: Schnittansicht eines torusförmig ausgebildeten Arbeitsraumes;
- Fig. 29: Arbeitsraum einer Rotationskolbenmaschine mit zwei Kolbenanordnungen, die jeweils drei Kolben aufweisen;
- Fig. 30: Schnittdarstellung einer Multifunktions-Rotationskolbenmaschine;
- Fig. 31: Durch Getriebesätze von außen angetriebene Rotationskolbenmaschine;
- Fig. 32: Seitenansicht zweier unrunder Zahnräder, die einen oszillierenden Antrieb bewirken;
- Fig. 33: Seitenansicht zweier unrunder Zahnräder, die einen oszillierenden Antrieb bewirken;
- Fig. 34: Oszillierenden Antrieb für die Kolben mit einer Spindel mit steilen Links- und Rechts-Gewindegängen;
- Fig. 35: Rotationskolbenmaschine, mit in die zentralen Wellenabschnitte integriertem Pendelgetriebe;
- Fig. 36: Rotationskolbenmaschine, bei der der Pendel-Antrieb durch eine äußere Schiebehülse bewirkt wird, sowie
- Fig. 37: äußeres Getriebe, bei dem die Pendelung durch exzentrisch gelagerte, kreisförmige Zahnräder bewirkt wird.

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.

Wie Figur 3 zeigt, sind die Kolben in Bezug auf ihre Form sowie die Gleitachsen W auf vorteilhafte Weise so gestaltet, dass sie verschränkt ineinander gesteckt werden, so dass 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 angebracht. Auch in den Gehäusedeckeln werden bei Bedarf Rillen, grubenartige Vertiefungen und/oder feine Sacklöcher als hydrodynamische Dichtungen eingebracht.

Weiterhin zeigt Figur 6 einen Einblick in ein aufgeschnittenes Gehäuse mit den zwei Kolben K1 und K2, die von zwei konzentrischen Achsen A1 und A2 geführt werden. Figur 4 zeigt ferner zwei verschränkt zusammengesteckte Kolben mit ihren Achsen A1 und A2, die bei dieser Ausführung durch die Deckel D2 des Gehäuses G gesteckt werden.

Die zylindrische, innere Achse W in gemäß Figur 4 des ersten Kolbens K1 dient dem zweiten Kolben K2 als Dichtfläche. K1 und K2 bezeichnen die Kolbenpaare, die auf getrennten Achsabschnitten der geteilten Achsen befestigt sind.

In Figur 6 ist weiterhin eine besondere Ausführung einer Rotationskolbenmaschine mit mit-rotierenden Deckelscheiben oder Seitenwänden S1 und S2 dargestellt. Dichtungen Di1 und Di2 verhindern ein Ausströmen von Medium durch die Spalten zu den Deckeln D1 und D2 des Gehäuses G. Diese Ausführung hat den Vorteil, dass die Kolben eine noch stärkere Führung und Belastbarkeit haben, was bei Geräten mit hoher spezifischer Leistungsklasse Systemschwingungen vermeiden hilft.

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 Dichtleisten versehen.

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.

Für bestimmte Anwendungen kann auch eine höhere Kolbenzahl interessant sein. In diesem Zusammenhang zeigt Figur 12 eine Rotationskolbenmaschine mit 4 Kolbenpaaren. Die Kolben K1 bis K8 sind hier in den zwei Stellungen der Kompression und der Mittellage gezeigt. Die beschleunigte, nachlaufende Bewegung des Kolbens K1 hinter dem Kolben K2 ist in den beiden Bildern zu erkennen. Die Geschwindigkeitsmodulation der kreisenden Kolbenbewegung hat hier ein Amplitudenverhältnis von 1 zu 3.

Die zuvor beschriebene Modulation wird von einem Getriebe mit ovalen Zahnrädern erzeugt, wie es in Figur 7 gezeigt ist. Obwohl auch andere Lösungen mit Zahnriemen oder Gestängen möglich sind, ist bei großen Maschinen ein solches mechanisches Zahnradgetriebe mit hoher Belastbarkeit und einer festen Kopplung der Achsen bei AL1

und AL2 eine bevorzugte Ausführung.

Die Achse W2 gemäß Figur 4, an welcher der Kolben K1 befestigt ist, wird, wie in Figur 7 dargestellt, durch das Achslager AL1 in das Getriebe-Gehäuse eingeführt. Eine zweite, freilaufende Getriebe-Achse wird im Achslager AL2 eingeführt. Durch die ovalen Zahnräder ZR1 und ZR2 wird zunächst die freilaufende Welle bei AL2 angekoppelt. Auf dieser Welle befindet sich, fest angebracht, das Zahnrad ZR3, welches angekoppelt an die Welle W1 gemäß Figur 4 den Kolben K2 der Rotationskolbenmaschine mitnimmt. Durch diese spezielle Ausführung des Getriebes wird die Winkelmodulation auf zwei Stufen aufgeteilt, so dass die Zahnräder weniger belastet werden.

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 Koppel-Achse Ag die Drehung der inneren Achsen A übertragen wird. Auch eine Führung der Kolbenachsen über einen exzentrischen Führungsring Fü wird angewendet. Dabei sind Schiebehülsen 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.

Figur 6 zeigt eine Ausführungsformen, 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 Kopplung. 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.

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.

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 parallel geschaltet 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.

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.

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. 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 Verdich-

tung. 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.

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. 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.

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.

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.

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 Saug-

pumpen, 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 Verstellmöglichkeit der Kolbenbewegung während des laufenden Betriebes sind große Vorteile gegenüber bekannten Rotationskolbenmaschinen.

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 mit-rotierenden Seitenwänden ist eine stärkere Befestigung, eine schwingungs-gedämpfte 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.

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 Bauteil-Längen in Achsrichtung hergestellt. Selbstverständlich wird für größere Änderungen der Leistung der Durchmesser des zylindrischen Gehäuses G geändert.

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. Figur 15 zeigt verschiedene keilförmige Kolbensätze, die im Gerät paarweise ineinander 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.

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. Wegen einer besseren Strömungsführung sind die Zuführungskanäle EÖ und Auslässe AÖ in Richtung der Kolbenbewegung auf die Öffnungen gerichtet, wie Figur 14 zu entnehmen ist. Alle Öffnungen sind zumindest auf der Einströmseite nicht scharfkantig und mit kleinen Radien gerundet. In den Zeichnungen 22 und 23 sind die Öffnungen als Aussparungen oder Löcher in der Gehäusewand symbolisch kenntlich gemacht. Eine konkrete Ausführung ist in vielen Varianten möglich.

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.

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 Achsenausritte aus dem Gehäuse vorgesehen.

Eine weitere Ausgestaltung der Maschine verwendet mit-rotierende 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.

Als Kolbenformen sind vorwiegend keilförmige Sektionen mit rechteckigen oder runden Querschnitten im Einsatz, wie sie in Figur 14 und 22 dargestellt sind, weil diese in der Herstellung und Wirkung Vorteile aufweisen. Die Kolben K können auch als Hohlkörper gemäß der Darstellung in Figur 14, unten ausgeführt werden, um eine Innenkühlung oder Gewichtersparnis zu ermöglichen.

Die Querschnittsform des ringförmigen Gehäuses ist grundsätzlich frei wählbar, jedoch sind aus Fertigungs- oder Dichtungsgründen rechteckige gemäß Figur 18 oder trapezförmige Formen gemäß der 14 und 15 bevorzugt.

Auch die Zahl der Kolben ist nicht begrenzt. Aus Gründen der Optimierung der Funktion und des Aufwandes werden jedoch bevorzugt zwei Doppelkolben eingesetzt, wie sie in den Figuren 13 und 22 gezeigt sind. Auch ist eine paarige Zuordnung der gegeneinander arbeitenden Kolben zweckmäßig.

Die bereits erwähnten rechteckigen Kolbenquerschnitte K1 und K2 sind zusammen mit dem entsprechenden Gehäuserand G in Figur 16 dargestellt. Die in Umfangsrichtung vorzugsweise keilförmige Kolbenaußenfläche K ist in Schrägansicht in Zeichnung 13 im zylindrischen Gehäuse G gezeigt, welches durch einen Deckel geschlossen wird. Die Führungs-Achshälfte W in Zeichnung 16, an welcher der nicht gezeigte Kolben K2 befestigt ist, ist durch die Achse W1 in das Gehäuse G eingeführt. Eine zweite Kolbenachse W2 wird durchgesteckt zum Kolben K1 geführt.

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 Kolben. In Figur 17 ist die Ankopplung im System, in den Figuren 7 und 8 verschiedene Ausführungsformen des äußeren Getriebes gezeigt. Wesentlich ist, dass durch nicht runde Zahnräder Z1 und Z2 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 Ko zwangsweise in eine pendelnde Drehbewegung versetzt, wie es die Figuren 19 und 20 verdeutlichen.

Auch eine Führung der Kolbenachsen über einen exzentrischen Führungsring wird angewendet. Dabei sind Schiebehülsen auf Achshebeln im Einsatz.

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.

Besonders deutlich ist diese Art der Kopplung der Kolbendrehung in den Figuren 19 und 20 dargestellt. Figur 19 zeigt 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.

Im unteren Teil von Figur 19 ist ein Zahnradantrieb der Geräteachsen über zwei Getriebeachsen gezeigt. Über die in unterschiedlichen Winkelstellungen gezeigten ovalen Zahnräder Zr 1 – 4 wird durch die gleichförmige Drehung des Motor-Generators Mo eine Pendel-drehung der Kolbenachsen in Gehäuse G erzwungen. Die Winkelvariationen werden durch die Exzentrizität der Getrieberäder eingestellt.

In Figur 20 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 Zahnradantrieb Ra läuft über die ovalen Zahnräder auf der Achse des Motor-Generators Mo und den Achsen des Gehäuses G.

In dem Gehäuse sind Öffnungen Ö zum Ein- und Austreten von Medium vorhanden. Die Öffnungen Ö dienen der Zu- und Abfuhr des Betriebsmediums, wie es den Figuren 22 und 23. Diese Öffnungen sind so angeordnet, dass sie vorzugsweise 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.

Die Maschine Gerät hat in einer Ausführung mit zwei Doppelkolben K1 und K2, wie sie beispielsweise Figur 10 zu entnehmen ist, vier variable, rotierende, veränderliche Volumina, die zum Saugen 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 oder als

Verdränger parallel geschaltet oder auch hintereinander geschaltet werden. Im unteren Teil von Figur 10 ist eine Leitung L gezeigt, welche die Auslässe zweier Verdichterkammern über einen Zwischenkühler ZK verbindet. Damit entsteht ein zweistufiger Kompressor in einem Gehäuse.

Die großen Einlass- und Auslassöffnungen für die Betriebsmedien, deren Abmessungen in Umfangsrichtung mit den wand-benachbarten Abmessungen der Kolbenaußenflächen korrespondieren, garantieren einen vollständigen und verlustarmen Mediänaustausch. 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.

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 Rotationskolben-Maschine 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.

Bei Zuführung von Druckgas kann eine erfindungsgemäß ausgeführte Rotationskolbenmaschine auch als Motor fungieren. Wird in dem Gerät nach Figur 10 unten bei E Druckgas oder Dampf eingeleitet, so wird das Gerät mit Hilfe der Umwegleitung L als Motor-Generator mit zweistufiger Expansion einsetzbar. Das Gerät nach Figur 10 oben kann natürlich auch als parallele Doppel-Expansions-Maschine betrieben werden. Außerdem kann ein Gerät gemäß Figur 11 bei entsprechender Gestaltung der Ein- und Auslassöffnungen als Flüssigkeitsturbine laufen.

Bei inneren Verbrennungsvorgängen können alle vier Takte eines üblichen Verbrennungsmotors bei einer kompletten Umdrehung des Kolbensystems nach Figure 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.

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.

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. Die Figuren 5 bis 9 zeigen verschiedenen Möglichkeiten. Diese Getriebe sind zwischen gleichförmig drehenden Motor-Generatoren und Kolbenachsen eingeschaltet.

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. Damit lassen sich, vor allem in der in den Figuren 19 und 20 skizzierten Weise leicht einfache Anordnungen mit aufgeteiltem Pendelgang herstellen, so dass die einzelnen Stufen des Getriebes keine große Pendeloszillation erzeugen müssen. Auch eine in Figur 19 angedeuteter unterschiedlicher Durchmesser der Räder bei angepasster Zähnezah und Randkurve ist zur Erzeugung

von Übersetzungen möglich. Wird ein solches Getriebe im Anlenkwinkel um die Achsen des Drehkolbengerätes im Betrieb verdreht, so lässt sich damit die Phasenlage der Drehkolben gegenüber dem Gehäuse verändern.

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.

Ein Vorteil der Verwendung mechanischer Pendelgetriebe im Bereich mehr konventioneller Drehkolbengeräte gegenüber den elektronisch gesteuerten Motorgeneratoren 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.

In der Figur 9 ist eine Ausführung gezeigt, bei der die Kolben eine mechanische Verbindung mit mit-rotierenden 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.

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.

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.

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 D1 bis D5 versehen. Es sind aber auch in Rahmen eingefasste Faserdichtungen Di6 möglich, welche bei großem Strömungswiderstand kaum Reibung verursachen. Da die Kolben aber im dafür geeigneten Betrieb durch die exakte Führung und Innenkühlung ohne Wandberührung laufen können und mit Labyrinthdichtungen gearbeitet wird, kann auch vorzugsweise auf Ölschmierung und Abdichtung verzichtet werden.

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.

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.

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 m<sup>3</sup>/h nur Abmessungen von 1,5m nach Länge und Durchmesser.

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.

Die Erfindung besteht also wesentlich darin, bislang auf unterschiedliche Geräte und Geräteteile verteilte Funktionen in einem einzigen Gerät bzw. einer einzigen Maschine zusammenzufassen. Daher wird im Rahmen der Beschreibung der folgenden Ausführungsbeispiele die neue Maschine als Multifunktions-Rotationskolbenmaschine bezeichnet. Einen Eindruck der funktionalen Verknüpfung der Arbeitsräume AR vermittelt Figur 24.

Im zylindrischem, konzentrischen im Hohlteil eines torusförmigen Ringgehäuses konstanten Querschnittes mit geführten und wandschlüssigen, querschnittsfüllenden Kolben, die gegeneinander und im Ringgehäuse rundherum um zentrale Wellenabschnitte beweglich sind, rotieren pendelnd, wie etwa in Figur 25 gezeigt, zwei Kolbensätze mit je

acht Kolbenpaaren (K1 und K2) und gemäß Figur 29 zwei Kolbensätze mit je drei Kolbenpaaren (K1-1 bis K2-3). Diese werden durch Führungskräfte und Druckkräfte über die Achse A und Wellen W kontrolliert. Dabei schließen sie zwischen sich periodisch veränderliche Arbeitsräume AR ein. Dies sind gemäß Figur 25 sechzehn Arbeitsräume und gemäß Figur 29 sechs Arbeitsräume, die für diverse Prozesse verwendet werden. Da alle Arbeitsräume während eines Umlaufs im Gehäuse einmal ihr maximales Arbeitsvolumen entfalten nutzt das Multifunktions-Rotationskolbengerät den Raum im Torus je nach Kolbenbreite zu um die 100% als Arbeitsraum aus. Dies ist ein Wert, der von bekannten Maschinen für ihre Gehäuse auch nicht annähernd erreicht wird. Durch die unterschiedliche Verwendung dieser Arbeitsräume ist diese Rotationskolbenmaschine als Pumpe und Verdichter, Druckgasmotor, Dampfmaschine, Hydraulikmaschine oder Verbrennungsmotor mit vielfältigen, einzelnen Systemfunktionen als mehrstufige Maschine verwendbar. Dabei sind die typischen Eigenschaften und technischen Anforderungen an die genannten Geräte-Typen gemäß der Erfindung in einem Gerät zusammengefasst.

Die Multifunktions-Rotationskolbenmaschine weist gemäß einer besonderen Ausführungsform im Ringgehäuse vier geführte und wandschlüssige, querschnittsfüllende, in der äußeren Form identische Kolben in gerader Anzahl auf. Bevorzugt werden diese Kolben durch zwei gleichartige, starre Mehrfachkolben (Z4) realisiert, wobei die einzelnen Kolben K1-1 bis K2-3 über Wellenabschnitte W1 und W2 zu dritt starr verbunden sind, und die Mehrfachkolben jeweils ineinander verschränkt im Ringgehäuse der Rotationskolbenmaschine angeordnet sind, wie es Figur 29 zu entnehmen ist.

Durch die Führungskräfte kontrolliert, rotieren die Kolben pendelnd rundherum um die zentralen Wellenabschnitte, wobei den benachbarten Einzel-Kolben eine paarweise phasenverschobene Drehschwingung um die zentrale Welle erteilt wird, welche zu diesem Zweck bei Bedarf auch spezielle, neuartige Gewinde-Antriebe, etwa gemäß Figur 34 enthält. Die Drehschwingung wird so gesteuert, so dass sich die benachbarten Kolben bei Drehung der Welle dadurch in unterschiedlichem, der Verwendung entsprechendem Maße annähern und voneinander entfernen.

Die erfindungsgemäße technische Lösung weist folgende Besonderheiten gegenüber den bekannten Drehkolbenmaschinen auf: Die vorzugsweise gleichartigen, umlaufenden im Volumen veränderlichen Arbeitsräume zwischen den Kolben werden während eines Umlaufes zu verschiedenen, multifunktionalen Prozessen mit gegenseitigen Ergänzungsfunktionen genutzt, wobei die Anzahl der Kolben und damit die Anzahl der Arbeitsräume zwischen den Kolben entsprechend den Erfordernissen des

multifunktionalen Gesamtprozesses mit seinen gewünschten Stufen gewählt werden. Ein Austausch auch unterschiedlicher Medien zwischen den Arbeitsräumen und der Umgebung erfolgt durch Öffnungen  $\ddot{O}$  in der Gehäusewand gemäß Figur 25, die beim Passieren der Kolben durch dieselben geschlossen und geöffnet werden. Wie Figur 24 zeigt wird dabei bei dem Umlauf der Kolben durch die Kolbensteuerung und Kolbenstellung während einer Umdrehung der zentralen Welle eine Folge von abwechselnden Einlässen und Auslässen entsprechend der Verwendung aktiviert. Zwischen den Öffnungen bestehen dazu funktionale, prozessrelevante Verbindungen durch Kanäle und Rohre (ER, LL, MR).

Mehrmals während eines Umlaufes der Kolben im Gehäuse entsteht abwechselnd ein umlaufendes, sich vergrößerndes und verkleinerndes rotierendes, veränderliches Volumen zwischen der Rückseite des vorlaufenden und der Vorderseite des nachlaufenden Kolbens als Arbeitsraum AR im Ringgehäuse.

Die Zahl der zum Teil unterschiedlich genutzten Arbeitsräume zwischen den Kolben während einer Umdrehung der zentralen Welle im Ringgehäuse ist der Anzahl der Kolben gleich, wenn die Anzahl der überlagerten Schwingungen pro Umdrehung der zentralen Welle gleich der halben Kolbenzahl ist. Wenn die Anzahl der überlagerten Schwingungen pro Umdrehung der zentralen Welle gleich der Kolbenzahl ist werden die Arbeitsräume durch die Führungskräfte pro Umdrehung der zentralen Welle entsprechend doppelt so oft vergrößert und verkleinert. Auch andere Pendelfrequenzen sind je nach Verwendungszweck möglich.

Mittels der ins Gehäuse führenden Achsen und der Antriebe der Wellen W für die Wellenabschnitte W1, W2, ... der verschiedenen Mehrfachkolben wird die schwingende Kolbenbewegung nach Amplitude und Phasenlage zur Grunddrehung auch verstellbar gemacht.

Die Modulationsfrequenz der überlagerten Schwingungen wird nach Bedarf ganzzahlig proportional zur Drehfrequenz eingestellt. Die Zahl der Ein- und Auslässe entspricht weitgehend der Zahl der zum Teil unterschiedlich genutzten Arbeitsräume pro Wellenumdrehung. An der Zündposition eines Verbrennungsmotors sind in der Regel keine Ein- und Auslässe vorhanden.

Die Schwingung wird an den Wellen und Achsen von Sensoren in der Gehäusewand überwacht, die an die äußeren, elektronischen Steuerungen der Antriebe Synchronisierungssignale senden. Damit wird der geordnete Ablauf der Prozesse in der Multifunktions-Rotationskolbenmaschine zuverlässig eingestellt.

Bei den Mehrfachkolben sind vorzugsweise mehrere Kolben in gleicher Anzahl symmetrisch an Abschnitten W1 und W2 der zentralen Wellen angebracht, wie es etwa Figur 27 zu entnehmen ist. Meist sind die Kolbensegmente in Umfangsrichtung keilförmig und in der Querschnittsansicht, wie in Figur 27 zu sehen, entsprechend dem Querschnitt des torusförmigen Gehäuses rechteckig oder trapezförmig ausgeführt.

Bei Verwendung von Dichtungen kann, wie in Figur 28 dargestellt, auch eine runde Querschnittsform für Kolben und Gehäuse zweckmäßig sein. Hier können Dichtungen Di ähnlich wie Kolbenringe eingesetzt werden.

Die Mehrfachkolben werden für die Multifunktions-Rotationskolbenmaschinen vorzugsweise mit einer Zahl von Kolben so ausgeführt, dass die der Zahl der bei einer Umdrehung der zentralen Welle gebildeten Arbeitsräume der gewünschten Zahl der Einzel-Prozesse entspricht. Die Lücke zwischen den benachbarten, segmentförmigen Einzel-Kolben auf den Mehrfachkolben in der Multifunktions-Rotationskolbenmaschine ist in der Regel konstant und zumeist gleich der dreifachen Breite der Kolben. Dies ist ein Kompromiss zwischen der möglichen maximalen Größe der Arbeitsräume AR und der erforderlichen Breite für die Abdeckung der Öffnungen Ö im Gehäuse G.

Den Einzel-Kolben auf den Mehrfachkolben wird in Sonderfällen auch ein größeres oder auch ein kleineres Segment als ein Drittel der Lücke zwischen den Kolben zugemessen, wenn aus Stabilitätsgründen und möglicher Größe des Phasenhubs der Drehfrequenz-Modulation und auch bei Abdichtungsproblemen andere Breitenverhältnisse erforderlich sind. Figur 27 zeigt eine Kolbenanordnung, die aus zwei mal drei gegeneinander arbeitenden Einzelkolben K1-1 bis K2-3 besteht, welche separat durch die Wellenabschnitte W1 und W2 kontrolliert werden und gegeneinander verdrehbar sind. Für Regelungszwecke werden die Arbeitsräume bedarfsweise durch Änderung von Amplitude und Phase der schwingenden Kolbenbewegung bezüglich der Grunddrehung bei fester Modulationsfrequenz verstellbar gemacht.

Mit einer Modulationsfrequenz der schwingenden Kolbenbewegung, die ein ganzzahliges Vielfaches der Drehfrequenz der Wellen W und der Kolbenzahl ist, wird auch ein ganzzahliges Vielfaches der Kolbenzahl an Arbeitsräumen pro Umdrehung erzeugt. Die Arbeitsräume sind entsprechend ihrer Funktionen durch innere Kanäle im Gehäuse und äußere Leitungen zwischen den Öffnungen des Gehäuses und bei Bedarf nach außen zur Umgebung verbunden. Gemäß der Figuren 24, 29 und 30 sind die Verbindungsleitungen L und LL zwischen den Öffnungen und den Außenanschlüssen sind mit Stellgliedern, Reglern, Zwischenkühlern und Filtern versehen, um den Medien austausch nach Wunsch und Notwendigkeit zu beeinflussen.

Bei einer Verwendung als Verbrennungsmotor mit Nachexpansion und mit Kompressorstufen gemäß Figur 30 werden in einer Multifunktions-Rotationskolbenmaschine die normalen Funktionen der Expansion und Verdichtung ergänzt durch eine Nachexpansion und eine Vorverdichtung in mehreren Arbeitsräumen AR.

In dem in Figur 30 gezeigten Beispiel werden über ein Einlassrohr EL drei Arbeitsräume AR1 bis AR3 zwischen den Kolben mit Luft im Ansaugtakt versorgt. Im Kompressionstakt werden durch die Öffnungen im Gehäuse G die komprimierten Gase in eine Ladeleitung LL1 gedrückt, welche das vorkomprimierte Gas in den finalen Kompressionraum AR8 des Motorsegmentes überführt. Dort wird das komprimierte Gas über eine Einspritzdüse ES mit Kraftstoff angereichert und bei X nach einer weiteren Kompression zur Entzündung gebracht.

Von dem nachfolgenden Expansionsraum AR7 wird das Gas einer weiteren Expansion mithilfe einer Ladeleitung LL2 drei weiteren Arbeitsräumen AR4 bis AR6 zur Nachexpansion zugeführt. Von dort wird das Gas über drei Austritte der Abgasleitung AL zugeführt. Zum Zwecke der Abgasrückführung können über eine Rückführungsleitung R mithilfe des Ventils V einstellbare Mengen an Abgas dem Eintrittsrohr ER zugeführt werden.

Bei der Ausgestaltung gemäß Figur 30 werden bei einem Umlauf der zentralen Welle sechzehn Arbeitstakte, bestehend aus dem Öffnen eines Arbeitsraumes für Ansaugen und sechzehn Arbeitstakte für Kompression mit dem Schließen der verschiedenen Arbeitsräume initiiert. Auch für das Verbrennen und das Ausstoßen sind je sechzehn Arbeitstakte für die umlaufenden sechzehn Arbeitsräume vorgesehen. Das bedeutet, dass auch sechzehn Zündungen erfolgen, so dass die Rotationskolbenmaschine gemäß Figur 30 einen Sechzehn-Zylinder-Motor mit Kompressor und Nachexpansion mit zwei mal acht Kolben bei einer einzigen Wellenumdrehung darstellt.

Für einen besonders wirtschaftlichen Verbrennungsmotor mit zwei mal vier Einzel-Kolben werden vier der acht Arbeitsräume für den Motorteil und für eine Nachexpansion und eine Vorverdichtung nur je zwei Arbeitsräumen bei einer Wellenumdrehung vorgesehen. In der Summe laufen dann je sechzehn Arbeitstakte in den acht Arbeitsräumen ab. Das ergibt einen Verbrennungsmotor mit acht Verbrennungstakten pro Umlauf, welcher einem klassischen Achtzylinder-Kolbenmotor, jedoch bei halber Wellendrehzahl, entspricht.

Soll ein Verbrennungsmotor mit Nachexpansion und Vorverdichtung mit nur insgesamt sechs Kolben realisiert werden, wird dies durch zwei Mehrfachkolben mit je drei Einzel-Kolben, wie sie beispielsweise Figur 29 zu entnehmen sind, bei doppelter

Modulationsfrequenz verwirklicht.

Für andere Konstellationen und Anforderungen für die Zahl der Arbeitsräume wird die Zahl der Kolben auf den Mehrfachkolben und die Modulationsfrequenz entsprechend verändert.

Die Zahl der genutzten Prozesse und deren Verschaltung sowie ihre Auslastung wird im Betrieb durch Ventile und Regler in den Verbindungsleitungen den Betriebsbedingungen angepasst.

Ein besonderer Vorteil der Multifunktions-Rotationskolbenmaschine, insbesondere bei einem Einsatz als Verbrennungsmotor, besteht darin, dass die Leistung der einbezogenen Nebenaggregate aufgrund der starren, mechanischen Kopplung der Arbeitsräume stets weitgehend den jeweiligen Betriebszuständen entspricht.

Ist für einen Verbrennungsmotor eine Abdichtung der Arbeitsräume mit kolbenring-ähnlichen Dichtungen erforderlich, bietet sich eine Gehäuseform gemäß Figur 28 an. Hier können die großen thermischen Belastungen und mechanischen Verwerfungen durch Kolben K mit größerem Wandabstand und Dichtungen Di abgefangen werden.

Bei einem mehrstufigen Kompressor oder einer mehrstufigen Vakuumpumpe ergänzt auf bevorzugte Weise gemäß Figur 29 eine Vorverdichtung in mehreren Arbeitsräumen auf prozessgerechte Weise die Endverdichtung in der letzten Stufe. Hier erfolgt die Endverdichtung bei AR3 und die Vorverdichtung in den parallel geschalteten Arbeitsräumen AR1 und AR2. Die Leitung L1 ist hier symbolisch zu verstehen. Das vorverdichtete Gas wird über L2 den Arbeitsräumen AR3 zugeführt. Das Gerät hat sechs aktive Arbeitsräume pro Umlauf der Welle W und damit ein effektives Arbeitsvolumen, welches dem vollen Volumen des Torus im Gehäuse G entspricht. Dies ist ein genereller, großer Vorteil des Multifunktions-Rotationskolbengerätes gegenüber klassischen Kolbenverdichtern.

Bei einem dreistufigen Multifunktions-Rotationskolbengerät als Kompressor und Vakuumpumpe nach Figur 24 werden zehn Arbeitsräume für eine erste Verdichtung, vier Arbeitsräume für eine weitere Verdichtung und zwei Arbeitsräume für die Endverdichtung eingesetzt, wobei dies durch zwei Mehrfachkolben mit je acht Einzel-Kolben bei acht Pendelschwingungen pro Umdrehung der zentralen Welle verwirklicht wird.

Für andere Konstellationen und Anforderungen gilt die Regel, dass die Zahl der Arbeitsräume der Vorstufen bei kompressiblen Medien im Allgemeinen größer als die Zahl der Arbeitsräume der Endstufen ist. Die Verbindungsleitungen zwischen den Stufen werden dabei vorzugsweise mit Zwischenkühlern, auch im oder am Mantel des gekühlten Gehäuses G ausgestattet, um den Wirkungsgrad des Kompressors oder der Vakuumpumpe zu erhöhen.

Druckluftmotoren und Dampfmaschinen werden in vergleichbarem Aufbau wie Kompressoren und Vakuumpumpen hergestellt. Die Medienzufuhr in die Arbeitsräume erfolgt jedoch in umgekehrter Reihenfolge, beginnend mit den kleinen Volumina, also einem ersten Entspannungs-Prozess in einem Arbeitsraum zur ersten Expansion und einer nachgeschalteten Expansionen in mehreren Arbeitsräumen. Die Stufenzahl wird dabei nach den Anfangsdrücken ausgerichtet.

Ein einfacher zweistufiger Druckluft- oder Dampfmotor wird beispielsweise in einer Maschine gemäß Figur 29 mit einem Gehäuse und zwei Mehrfachkolben mit je drei Kolben und sechs umlaufenden Arbeitsräumen ausgeführt, von denen zwei einer ersten Expansion und vier einer Nachexpansion dienen.

Bei Hydraulikmaschinen werden zweckmäßig die Druckstufen auf mehrere Arbeits-Prozesse aufgeteilt, was durch Verbindungsleitungen L1 und L2 zwischen den Öffnungen der Arbeitsräume, ähnlich wie in Figur 29 gezeigt, geschieht, wobei eine dreistufige Maschine in einer einfachsten Ausführung mit zwei Mehrfachkolben mit je drei Einzel-Kolben ausgeführt wird.

In einer einfachsten Ausführung als Flüssigkeitspumpe werden für ein dreistufiges Multifunktions-Rotationskolbengerät ebenso zwei Mehrfachkolben mit je drei Einzel-Kolben, wie in Figur 29 zu sehen, eingesetzt. Die sechs Arbeitsräume sorgen für eine verteilte Druckerhöhung. Dabei dienen die stilisierten Umleitungen L1 und L2 in der Multifunktions-Rotationskolbenmaschine nach Figur 29 der Überleitung des jeweils vorkomprimierten Fluids in den nachfolgenden Arbeitsraum. Diese Umleitungen L1 und L2 werden natürlich in der praktischen Ausführung durch entsprechende Kanäle in der Gehäusewand ersetzt.

Vielstufige Maschinen erhalten entsprechend mehr Einzelkolben. Der Medien austausch wird dabei über Kanäle im Gehäuse und äußere Rohrleitungen bewirkt. Die Aufteilung Druckstufen erfolgt dabei nach dem Gesichtspunkt der günstigsten Nachbarschaften.

Die beschriebenen Rotationskolbenmaschinen werden bedarfsgerecht temperiert, wobei in der Regel eine Kolbenkühlung erfolgt mit hohlen Achsen als Zuleitungen für Kühlmittel zu den Wellen und Kolben hin. Ein von Achsen freier, dem Antrieb gegenüberliegender Gehäusedeckel, wird dazu mit durchgesteckten Kupplungen und Leitungen für Kühlung, Schmierung und Sensoren versehen. Die Kühlung mittels Kühlflüssigkeit und Gas wird zunächst über Drehkupplungen, Leitungen und Bohrungen an die Kolbenwellen W und von dort bei Bedarf an die Kolben K angeschlossen. Eine Kühlung der Kolben ist aus mehreren Gründen vorteilhaft. Einmal bleiben die mechanischen Abmessungen im Betrieb besser erhalten. Zum anderen verteilen die bewegten Kolben einen wesentlichen Teil der Prozesswärme über den Umfang des Gehäuses und sind gleichmäßig an der

Wärmeabfuhr beteiligt, so dass eine Kühlung der Kolben für den Wärmehaushalt des Multifunktions-Rotationskolbengerätes sehr sinnvoll ist.

Im Multifunktions-Rotationskolbengerät nach den Ansprüchen 1 bis 5 werden die zentralen Wellenabschnitte durch eine Steuerung in eine oszillierende Drehung versetzt, die durch unrunde Zahnräder ZR1-4, Gewinde-Antriebe gemäß Figur 34 und elektrische Schrittmotoren EMG bewirkt wird.

Durch Veränderung der Kopplung zwischen den Antrieben der zentralen Wellenabschnitte wird eine Veränderung der Phasendifferenz der Schwingung eingestellt.

Dies geschieht im Falle der Schrittmotoren durch Veränderung der Phase und Amplitude der elektrischen Ansteuerung, so dass die Arbeitspunkte des Multifunktions-Rotationskolbengerätes in diesem Fall nahezu beliebig eingestellt werden können.

Die Verwendung von Schrittmotoren ist für das Multifunktions-Rotationskolbengerät besonders günstig, weil die Eigenschaft der Schrittmotoren, sich ruckartig zu bewegen, besonders lange Aufenthaltszeiten der Kolben an den Ventilationsöffnungen ermöglicht. Dadurch können die Kolben in diesem Fall schmaler ausgeführt werden, so dass die nutzbaren Arbeitsräume zwischen den Kolben bei gleicher Größe des Gerätes größer ausfallen. Die Schrittmotortakte sollten zweckmäßig im Verhältnis zu der Zahl der Kolbenpositionen pro Umdrehung der zentralen Welle W stehen.

Figur 24 zeigt einen Querschnitt durch einen Kompressor oder eine Vakuumpumpe. Über eine Saugleitung ER wird fünf Arbeitsräumen AR Gas über eine Eintrittsleitung ER zugeführt. Das in den Arbeitsräumen AR verdichtete Gas wird über eine Ladeleitung LL zwei weiteren Arbeitsräumen zugeführt. Von diesen wird das Gas nach weiterer Verdichtung über eine Mitteldruck-Leitung MR einer letzten Kompressionsstufe zugeführt, aus der das Gas über eine Austritts Leitung AL dreistufig verdichtet austritt. Insgesamt sind sechzehn Arbeitsräume bei einer Umdrehung der Wellen W aktiv.

Figur 25 zeigt eine Schrägansicht einer aufgeschnittenen Rotationskolbenmaschine mit einer Andeutung der Ventilationsöffnungen Ö im Gehäuse G, den Kolben symbolisiert durch zwei Exemplare K1 und K2 sowie die Welle W, an der die Kolben befestigt sind. Die Achse A ist eine zentrale Achse, die dem Antrieb des Gerätes dient. Das Gehäuse G kann, wie die Abbildung zeigt, in beliebiger Länge ausgeführt werden, sodass bei gleichem Durchmesser die Leistung des Gerätes über die Länge des Gehäuses eingestellt werden kann.

In Figur 26 ist in einem Aufsicht-Schnitt der prinzipielle Aufbau und die Zusammensetzung einer Drehkolbenmaschine, bei der im Gehäuse G zwei Kolbensätze K1 und K2

entsprechend den Pfeilen PF ineinander gesteckt werden. Die Deckel D schließen das Gehäuse entsprechend seitlich ab. Dichtungen Di in den Seitenwänden oder Deckeln verhindern den Austritt von Arbeitsmedium.

Figur 27 enthält eine Schrägansicht eines Kolbensystems, das aus zwei Kolbensätzen besteht. Die Kolben K1-1 bis K1-3 sind an dem Wellenabschnitt W1 befestigt. Die Kolben K2-1 bis K2-3 sind an dem Wellenabschnitt W2 befestigt. Da die Wellenabschnitte W1 und W2 nebeneinander gelagert sind, können sich die Kolben gegeneinander bewegen. Auf diese Weise kann sich das Volumen zwischen den Kolben verändern. Sechs Arbeitsräume sind in Halböffnung sichtbar.

Ferner zeigt Figur 28 einen Halbschnitt durch ein torusförmiges Gehäuse G mit Kreis-Querschnitt. Das Gehäuse ist aus zwei identischen Halbschalen zusammengesetzt. Die Kolben K haben als keilförmige Segmente im Torus in der Querschnittsebene Kreisform, so dass sie für den Einsatz von runden Dichtringen Di in der Art üblicher Kolbenringe geeignet sind. Die Kolben sind wie in Zeichnung 4 an der Welle W einzeln befestigt und die Welle wird über Achslager AL1 aus dem Gehäuse heraus geführt.

Figur 29 zeigt einen Querschnitt durch eine dreistufige Flüssigkeitspumpe oder eine zweistufige Vakuumpumpe oder einen zweistufigen Kompressor je nach Zusammenschaltung der Arbeitsräume AR1 bis AR3. Über ein Eintrittsrohr ER wird das angesaugte Medium im Fall einer dreistufigen Flüssigkeitspumpe dem Arbeitsraum AR1 zugeführt, um danach über die Verbindungsleitungen L1 und L2 weiteren Arbeitsräume AR2 und AR3 zugeführt zu werden. Dadurch soll die Druckerhöhung auf drei Stufen aufgeteilt werden. Das Fluid tritt bei AL aus der Pumpe aus. Im Falle eines zweistufigen Kompressors tritt das Gas ebenfalls bei ER ein, wird in den Arbeitsräumen AR1 und AR2, die parallel geschaltet sind, vorverdichtet, um dann im Arbeitsraum AR3 die End-Verdichtung zur erfahren. Über die Leitung AL tritt das verdichtete Gas aus dem Gerät aus. Als Vakuumpumpe arbeitet das Gerät in der gleichen Weise. Insgesamt sind sechs Arbeitsräume bei einer Umdrehung der Wellen W aktiv.

Weiterhin enthält Figur 30 einen Querschnitt einer Multifunktions-Rotationskolbenmaschine, die als Verbrennungsmotor eingesetzt wird, mit einer dreifachen Vorverdichtung (Kompressorstufe) in den Arbeitsräumen AR1 bis AR3 und einer dreifachen nachgeschalteten Expansion der Verbrennungsgase in den Arbeitsräumen AR4 bis AR6. Die Luft tritt bei EL in das Gerät ein wird den drei Arbeitsräumen AR1 bis AR3 über diese Leitung EL zugeführt. Eine Ladeleitung LL1 überführt das komprimierte Gas in den Arbeitsraum AR8, welcher der Kompression und

der Anreicherung mit Brennstoff über eine Einspritzvorrichtung ES dient. Bei X erfolgt die Zündung des komprimierten Gemisches, welches dann im Arbeitsraum AR7 expandiert. Das expandierte Heiß-Gas wird über eine zweite Ladeleitung LL2 den Arbeitsräume AR4 bis AR6 zugeführt, wo es in einer Nach-Expansion Energie an den Rotor abgeben kann. Über die Austrittsleitungshaar AL, versehen mit einem Schalldämpfer, kann das expandierte Gas das Gerät verlassen. Eine Rückführungsleitung R, ausgestattet mit einem Ventil V, ermöglicht das kontrollierte Zumischen von Abgas in die Ansaug-Leitung EL. Außer den gekennzeichneten Arbeitsräumen AR1 bis AR8 bestehen zwischen den Kolben (Z.B. K1 und K2) weitere Arbeitsräume, die gleichberechtigt bei einem einzigen Umlauf der Wellen W an den oben beschriebenen Prozessen teilnehmen. Daher sind effektiv 16 Arbeitsräume in Aktion!

Figur 21 zeigt zwei Beispiele für den Antrieb des Multifunktions-Rotationskolbengerätes mit Hilfe von Schrittmotoren EMG. Deren Wellen W können, wie im oberen Bild gezeichnet, separat links und rechts in das Gehäuse G eintreten und auf die Kolbensätze zugreifen. Im unteren Teil der Figur 21 ist eine andere Variante gezeichnet, in der über zwei koaxiale Wellen W1 und W2 die Kolbensätze im Gerät über zwei getrennte Schrittmotoren EMG1 und EMG2 gesteuert werden.

Figur 9 zeigt ein Beispiel in dem die Rotationskolbenmaschine durch Getriebesätze von außen angetrieben wird, welche unrunde Zahnräder Z1 bis Z4 verwenden, die zu einer Pendelbewegung der Kolbensätze K1 und K2 führen. Das Gehäuse G wird durch die Deckel D1 und D2 abgedichtet und seitlich geschlossen. An den gleichförmig drehenden Achsen A ist jeweils ein Motor-Generator EMG angeschlossen, der auch als Generator dienen kann.

Figur 32 zeigt in der Seitenansicht zwei unrunde Zahnräder ZR1 und ZR2 die einen oszillierenden Antrieb der Achse A1 bewirken, wenn das Zahnrad ZR2 und die Achse A2 eine gleichmäßige Drehung ausführen. Solche Zahnräder finden im Getriebe in Figur 9 Verwendung. In Figur 10 ist eine Untersetzung 2 zu 1 von einer gleichförmig drehenden Achse A2 auf den Pendel-Antrieb über A2 bezüglich der mittleren Drehzahl vorhanden. Figur 11 zeigt andere Ausführungen von Zahnrädern ZR1 bis ZR4 für Pendel-Antriebe, die entweder, wie oben gezeigt, als außen verzahnte Räder vier Pendelungen erzeugen, oder, wie im unteren Teil der Figur gezeigt, auch mit innenverzahnten Rädern ZR3 ausgeführt werden können. Diese letztere Variante kommt im unteren Teilbild von Figur 9 zum Einsatz. Zwischen der gleichförmig drehenden Achse A4 ist außer der Pendelung eine Untersetzung 2 zu 1 auf die nicht sichtbare Achse von ZR3 vorhanden.

Figur 34 zeigt einen oszillierenden Antrieb der Kolben K1 und K2, bei dem über eine Spindel SP mit steilen Links- und Rechts-Gewindegängen zu den Wellen W1 und W2 durch eine periodische seitliche Schwingung der Spindel S eine Verdrehung der Kolben K1 und K2 gegeneinander bewirkt werden kann. Die Verschiebung der Welle S wird über Kurvensteuerungen He1 bis He4 bewirkt, die so gestaltet sind, dass Rollengänge oder auch Kurvenscheiben eine entsprechende Zahl von Wellungen aufweisen, wie sie für die Pendeldrehung der Kolben K1 und K2 erforderlich sind. Eine über eine Längsverzahnung mechanisch gekoppelte Gleitachse S überträgt eine gleichförmige Drehung an einen Motorgenerator.

Figur 35 zeigt eine Ansicht einer Rotationskolbenmaschine, bei der das Pendelgetriebe in die zentralen Wellenabschnitte integriert ist, so dass ein kompaktes Gerät mit einer gleichmäßig rotierenden äußeren Welle gebildet wird.

Ferner ist in Figur 36 eine Rotationskolbenmaschine, bei der der Pendel-Antrieb durch eine äußere Schiebehülse H bewirkt wird, dargestellt.

Figur 37 zeigt ein äußeres Getriebe für ein Rotationskolbengerät, bei dem die Pendelung durch exzentrisch gelagerte, kreisförmige Zahnräder bewirkt wird, wodurch eine einfachere Herstellung ermöglicht wird.

Abschließend zeigt Figur 38 eine Ausführung eines Pendel-Antriebes, bei dem ein Zahnradpaar nach Art eines Kinofilm-Projektors eingesetzt wird.

**Bezugszeichenliste**

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
FI	Flansch
Fü	Führungsrille
ES	Einspritzung
EMG, EMG1, EMG2	Elektrischer Motorgenerator
ER, EL	Einlaßrohr
F	Filter, Schalldämpfer
FI	Flansch
G	Gehäuse
GA	Abgaslader
GE	Generator
Gw	Gewindegänge
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
Ö	Gehäuse – Öffnung
Pf	Pfeil
Ra	Riemenantrieb
Ri	Führungsrille
R	Rückleitung
S	Schiebeführung
Spi	Spindel
Spa	Spanner
V	Ventil
W, W1, W2	Welle
X	Zündhilfe
Z	Zuleitung
ZR1 - ZR4	Zahnräder
Za (1, 2)	Zahnriemen
ZK	Zwischenkühler
Zr1, Zr2	Zahnriemenscheiben

## 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, dadurch gekennzeichnet, dass 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.
2. Rotationskolbenmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in der Außen- und/oder der Innenwand wenigstens eine Öffnung zur Durchleitung eines Betriebsmediums vorgesehen ist, die während der Bewegung der Kolben im Arbeitsraum wenigstens zu einem ersten Zeitpunkt verschließbar und zu einem zweiten Zeitpunkt freigebar ist.
3. Rotationskolbenmaschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Öffnung von einer Außenfläche zumindest eines der Kolben während der Bewegung im Arbeitsraum verschließbar und freigebar ist.
4. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass aufgrund der Bewegung der Kolben Momente und/oder Kräfte auf die Führungselemente übertragen werden.
5. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass in der Außen- und/oder Innenwand wenigstens ein mit einer Dichtung versehener Spalt vorgesehen ist, der von wenigstens einem Teil der Führungselemente durchragt wird.
6. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Kolben jeweils an einer Achse befestigt ist, die gegenüber dem jeweils anderen Kolben als Dichtfläche dient.

7. Rotationskolbenmaschine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Achsen als Antriebs- oder Abtriebsachsen ausgeführt sind, die sich während einer Bewegung der Kolben mit nicht konstanter Drehgeschwindigkeit drehen.
8. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Führungselemente über Mittel zur Erzeugung von Drehfeldern verfügen.
9. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Außenfläche zumindest eines Kolbens eine Rille, eine Eindellung und/oder eine Dichtleiste aufweist.
10. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass an wenigstens einer Stelle der Außen- oder der Innenwand ein Sensor oder Aktuator vorgesehen ist.
11. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel vorgesehen sind, um eine Bewegung, insbesondere eine Drehgeschwindigkeit, der Kolben während ihres Betriebs zu verändern.
12. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Doppelkolben vorgesehen sind.
13. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens einer der Kolben durch eine mit-rotierende, gegen die Außen- oder die Innenwand abgedichtete Seitenwand geführt wird.
14. Rotationskolbenmaschine nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Seitenwand ein Bauteil eines Antriebselements und/oder einer Kühlung ist.
15. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Führungselemente mittelbar oder unmittelbar mit verstellbaren Pendelgetrieben verbunden sind, über die die Kolbenbewegung unter Berücksichtigung ihrer Amplitude, Phasenlage und/oder ihrer Modulation steuerbar ist.

16. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegung wenigstens eines der Kolben in Abhängigkeit von Signalen, die mittels Aktuatoren und/oder Sensoren erzeugt werden, steuerbar ist.
17. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 16, 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.
18. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 17, 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.
19. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 18, 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.
20. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 19, 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.
21. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 20, 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.
22. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Gehäuselänge einer Radiendifferenz zwischen Gleitachse und zylindrischem Gehäuse entspricht.

23. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 22, 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.
24. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass der Außen- oder Innenwand zugewandten Kolbenflächen mit Mulden, Rillendichtungen und/oder mit in Rillen eingelegten, abgedichteten, oder auch gestaffelten Dichtleisten versehen sind.
25. Rotationskolbenmaschine nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass die der Außen- oder Innenwand zugewandten Kolbenflächen mit sehr feinen Bohrungen und sinter-, samt- und filzartigen Dichtungen in von festen Dichtleisten eingerahmten Feldern abgedichtet werden.
26. Rotationskolbenmaschine nach Anspruch 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel vorgesehen sind, um wenigstens ein Dicht- und/oder Schmiermittel im Bereich der der Außen- oder Innenwand zugewandten Kolbenflächen zuzuführen.
27. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Kolben mit ihren Außen- und Seitenwänden während ihrer Drehbewegung Öffnungen in der Innen- und/oder Außenwand und/oder in wenigstens einem Gehäusedeckel abdecken oder freigeben.
28. Rotationskolbenmaschine nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass Aktuatoren vorgesehen sind, durch die die Öffnungen in ihrer Größe veränderbar und/oder verlagerbar sind.
29. Rotationskolbenmaschine nach Anspruch 27 oder 28, dadurch gekennzeichnet, dass zu den Öffnungen führende Zuführkanäle für Betriebsmedien im Querschnitt konisch zulaufen, akustisch abgestimmt sind und in der Nähe der Gehäuseöffnungen in ihrer Kanal-Achsen-Richtung der Bewegungsrichtung der Kolben angepasst sind.
30. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass an der Außenwand, der Innenwand, an mit den Kolben

rotierenden Teilen, an den Antriebsachsen, Abtriebsachsen, an den Gehäusedeckeln und/oder Kolben Zuleitungen und Elemente, insbesondere Kühlrippen und Hohlräume, zur Temperierung der Bauteile vorgesehen sind.

31. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 30,

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.

32. Rotationskolbenmaschine nach Anspruch 31,

dadurch gekennzeichnet, dass die Modulationsfrequenz als ein ganzzahliges Vielfaches der Drehfrequenz eingestellt wird.

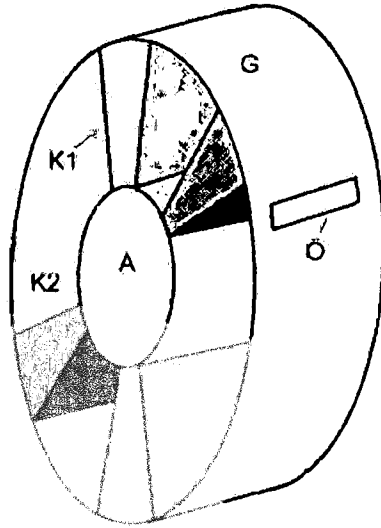


Fig. 1

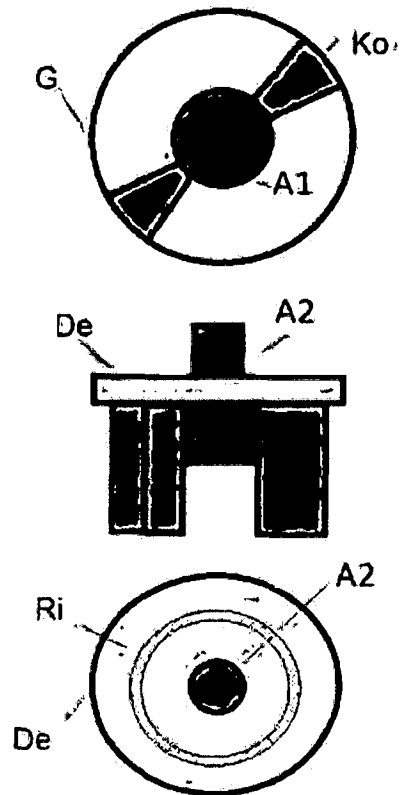


Fig. 2

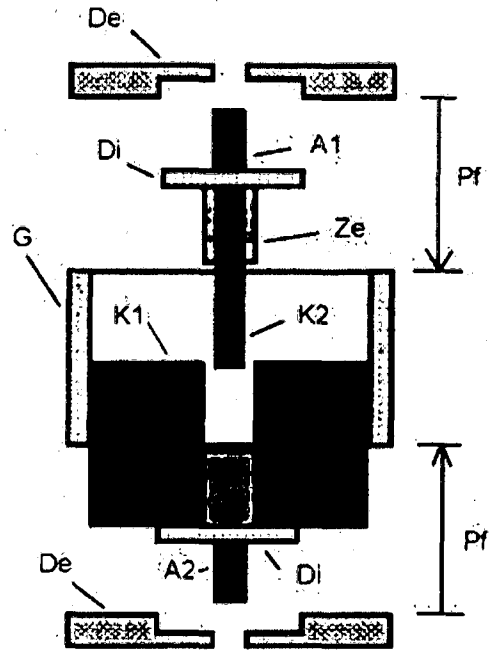


Fig. 3

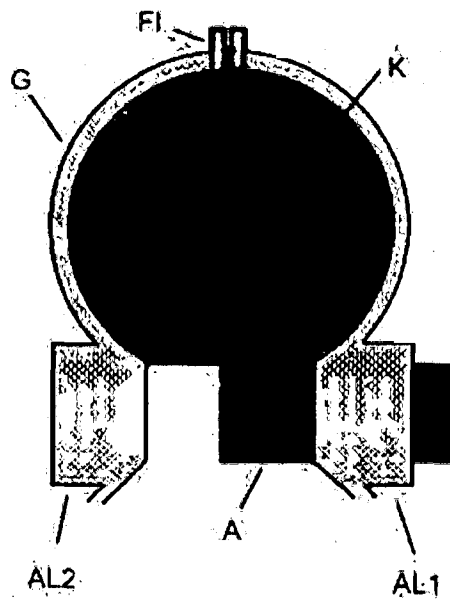


Fig. 4

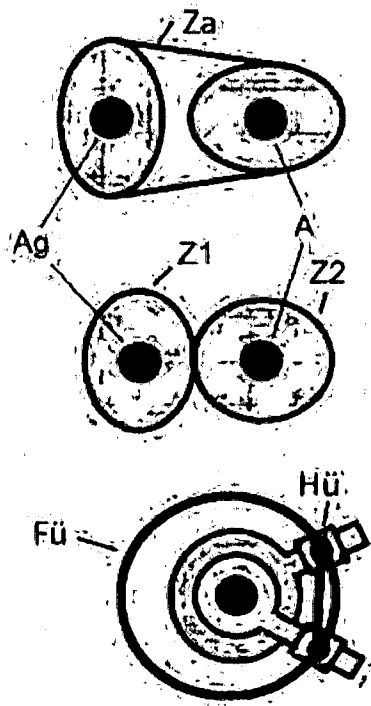


Fig. 5

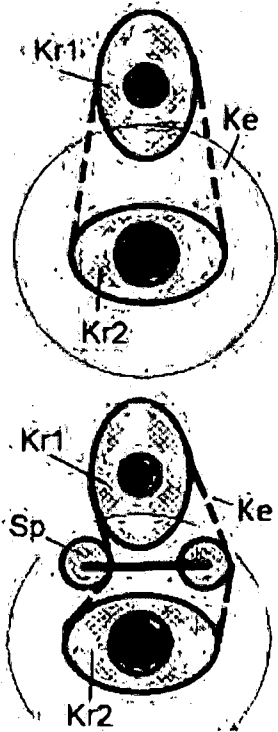


Fig. 6

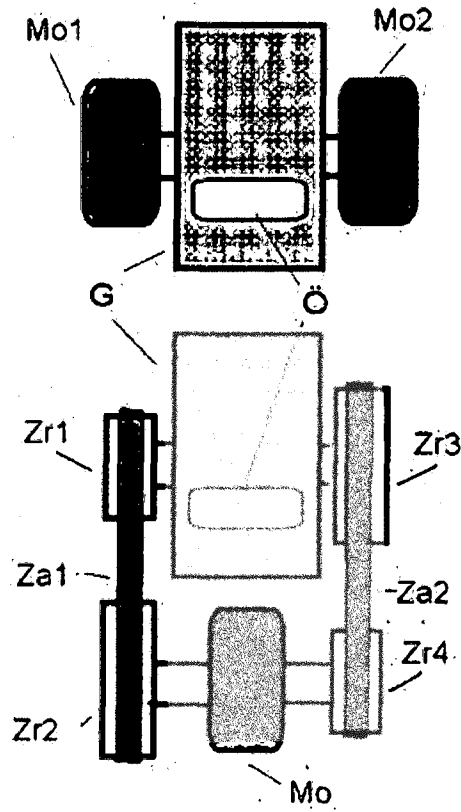


Fig. 7

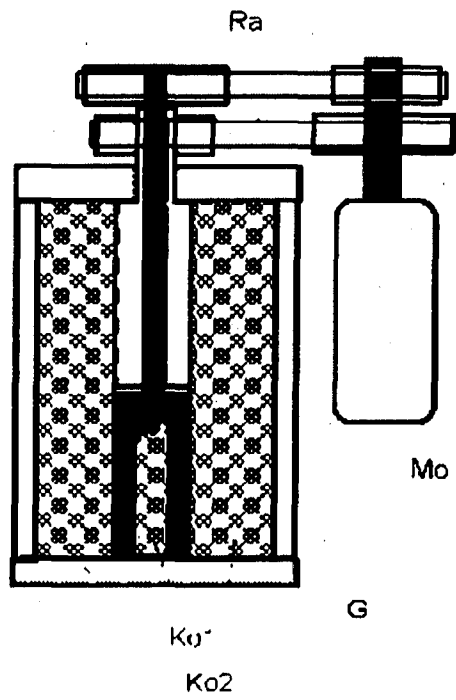


Fig. 8

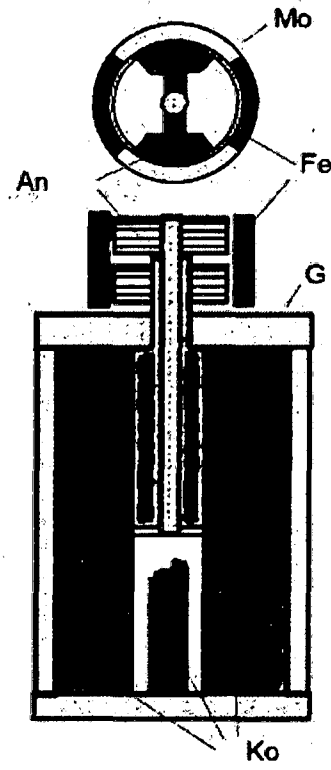


Fig. 9

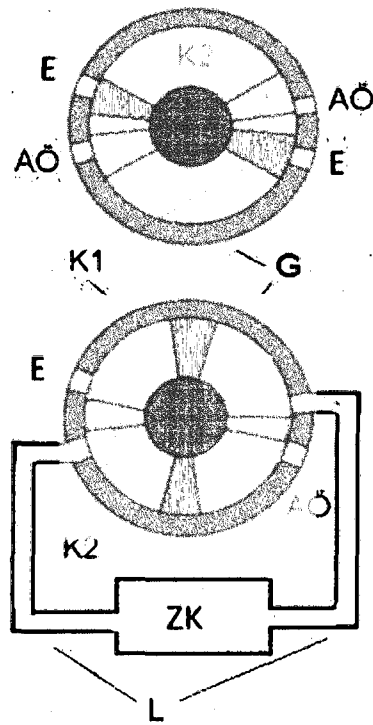


Fig. 10

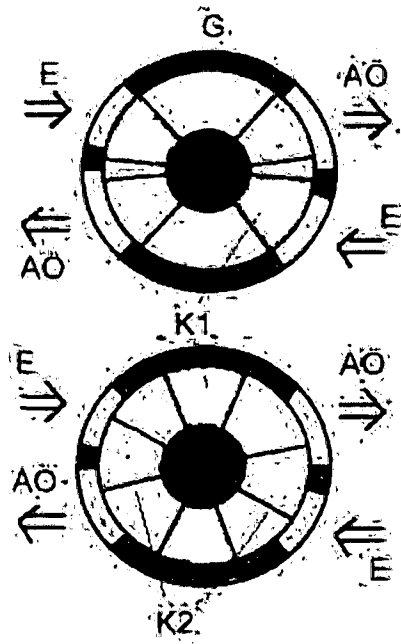


Fig. 11

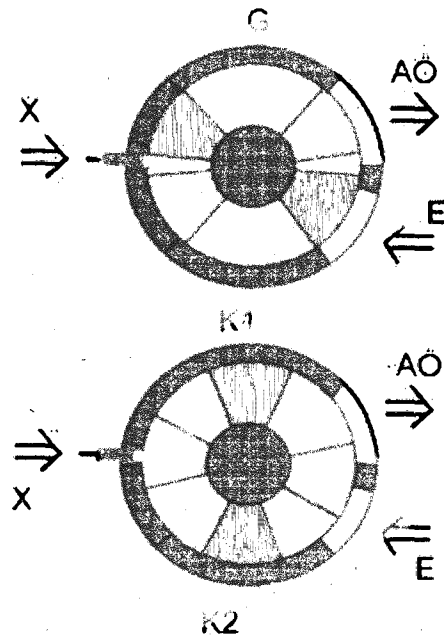


Fig. 12

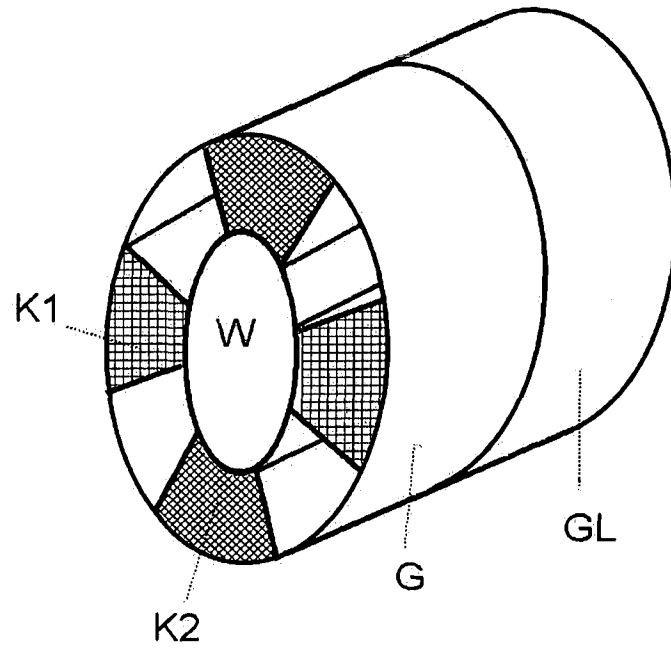


Fig. 13

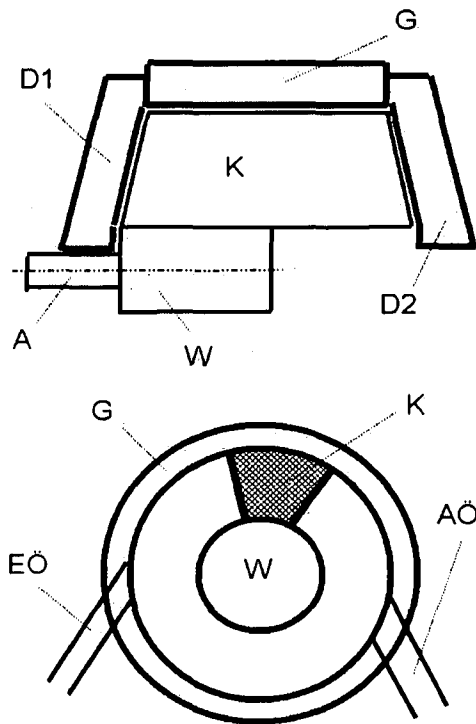


Fig. 14

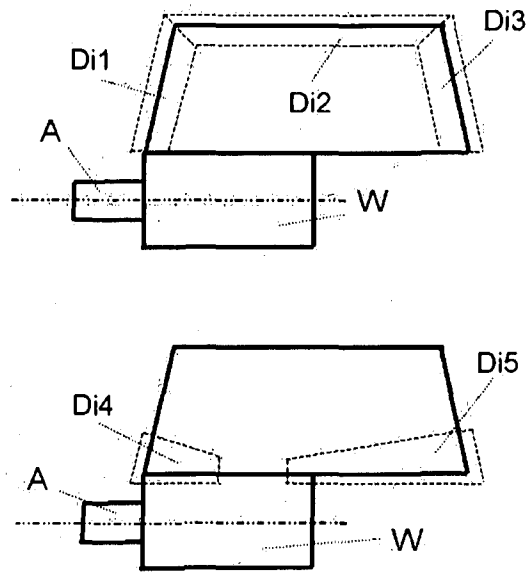


Fig. 15

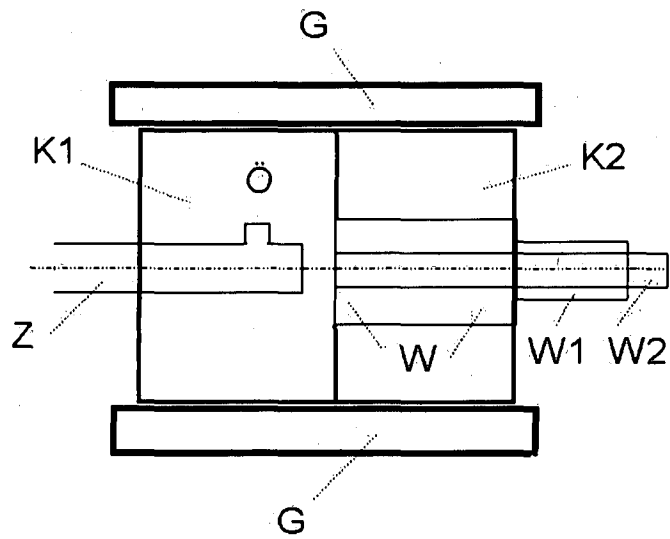


Fig. 16

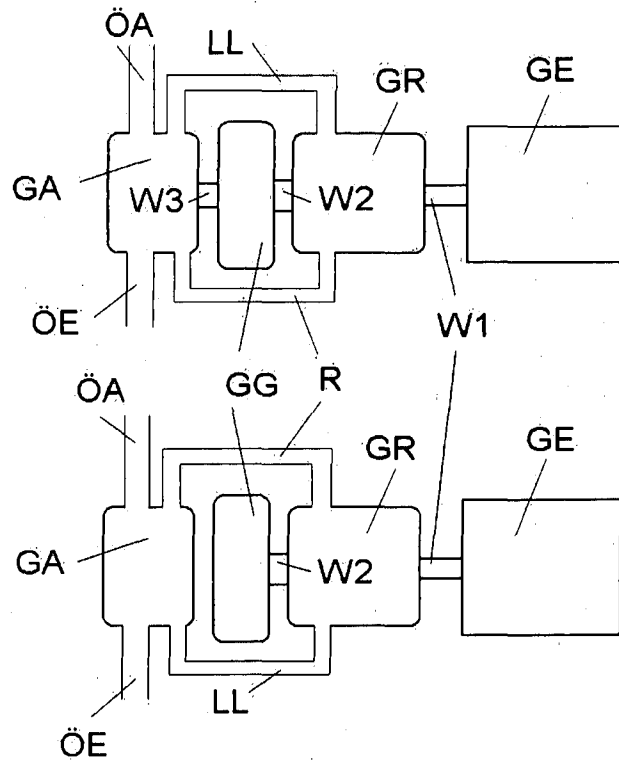


Fig. 17

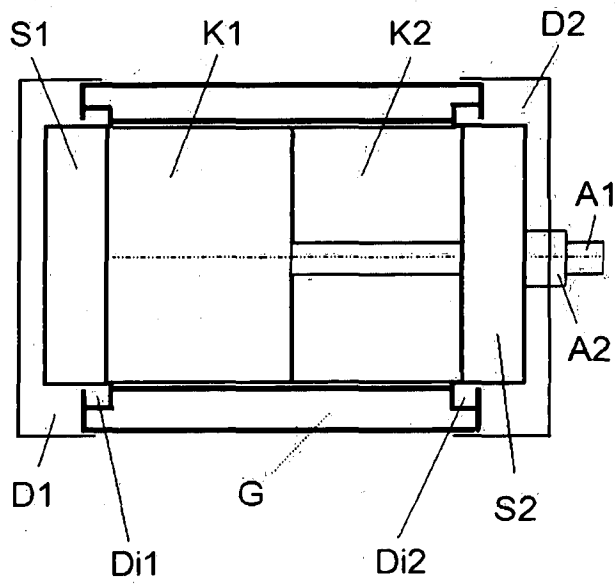


Fig. 18

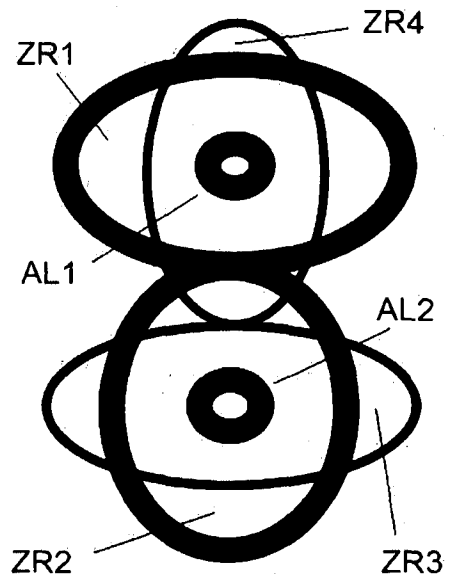


Fig. 19

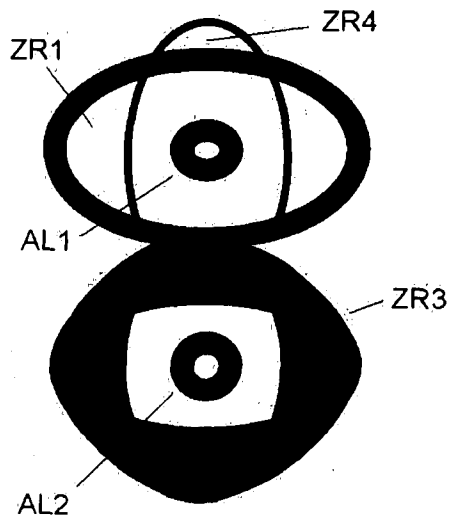


Fig. 20

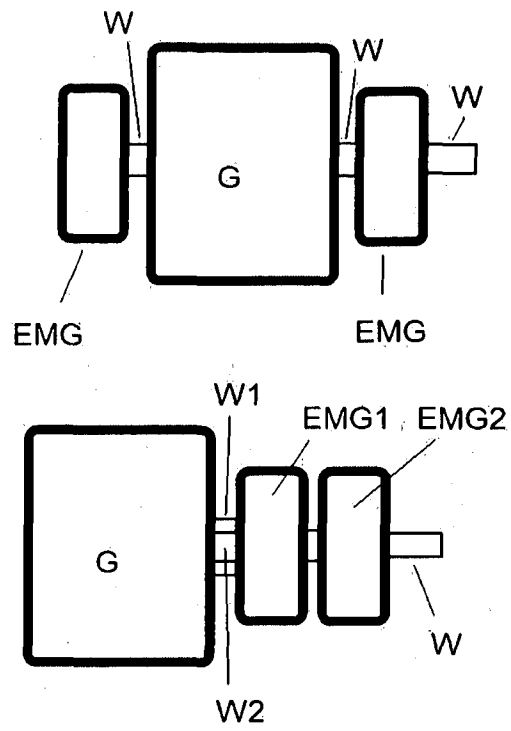


Fig. 21

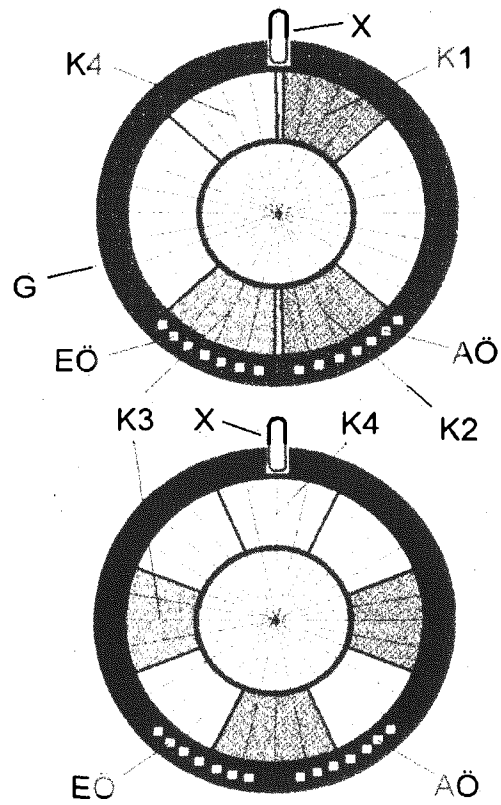


Fig. 22

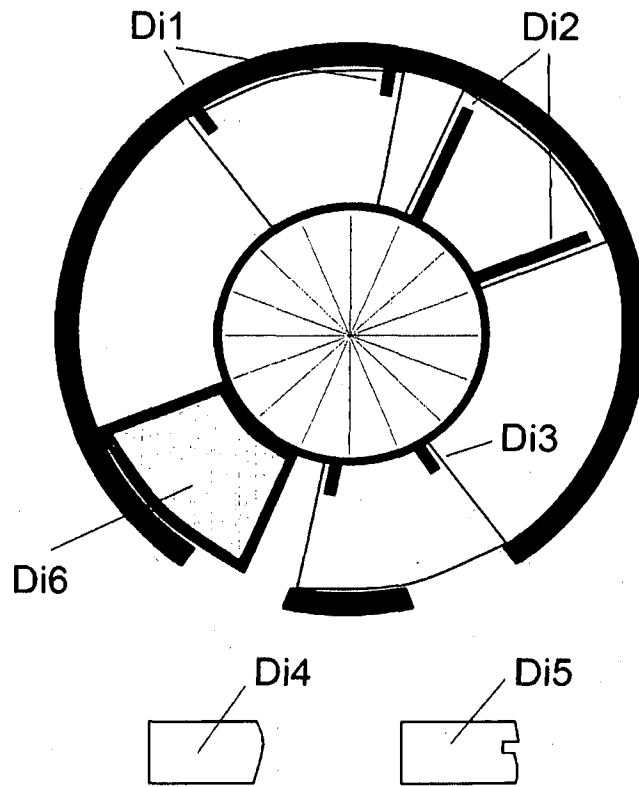


Fig. 23

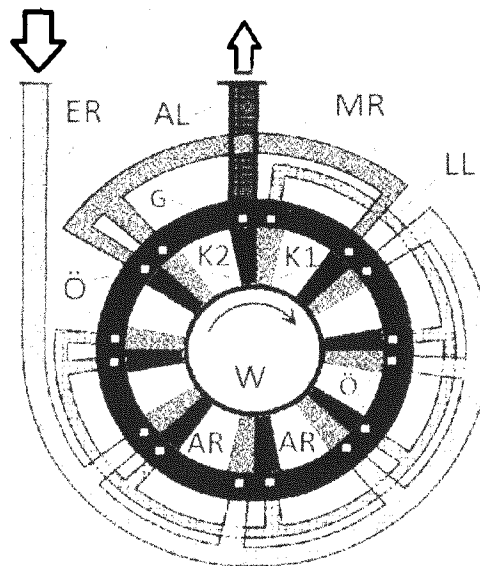


Fig. 24

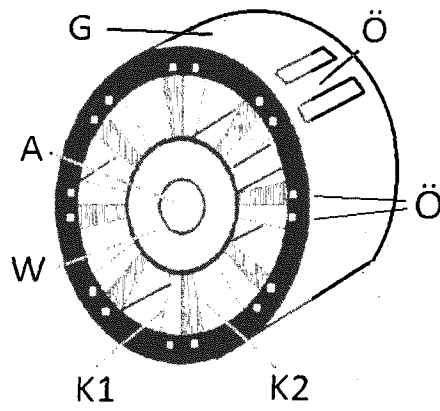


Fig. 25

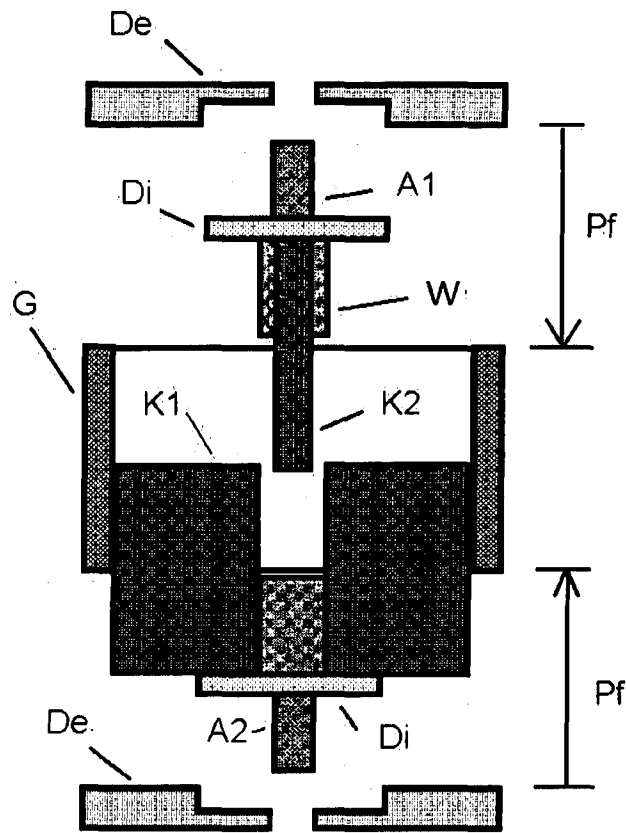


Fig. 26

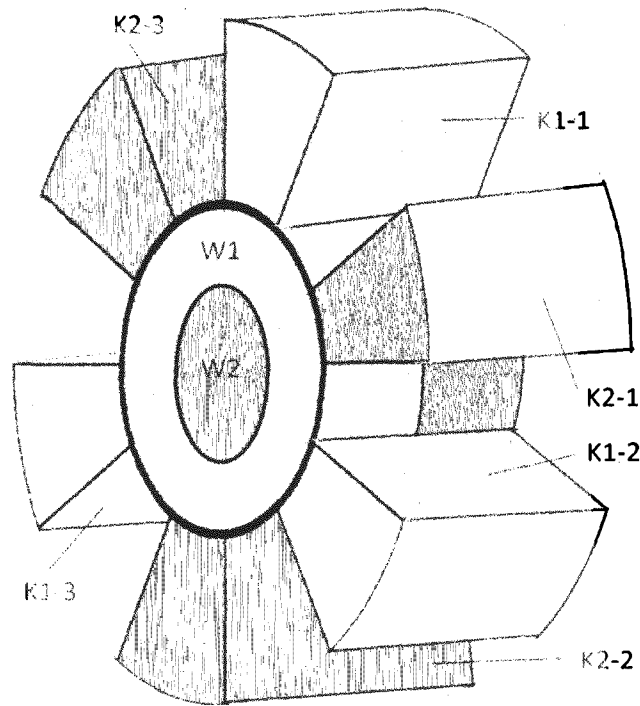


Fig. 27

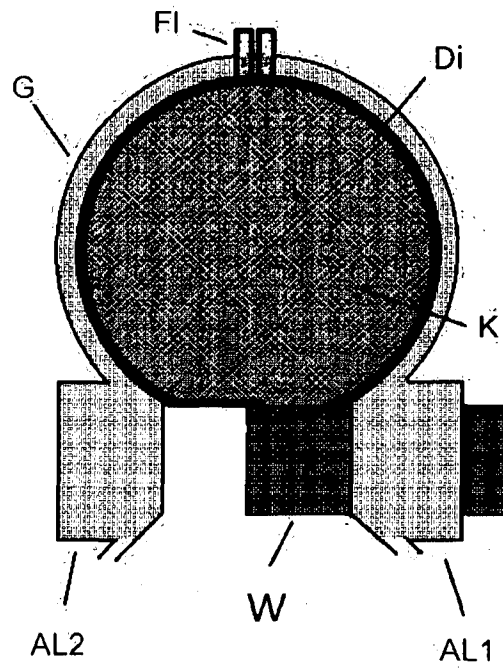


Fig. 28

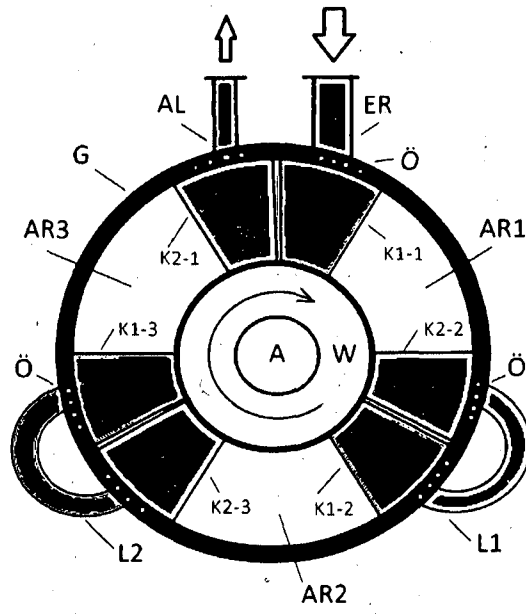


Fig. 29

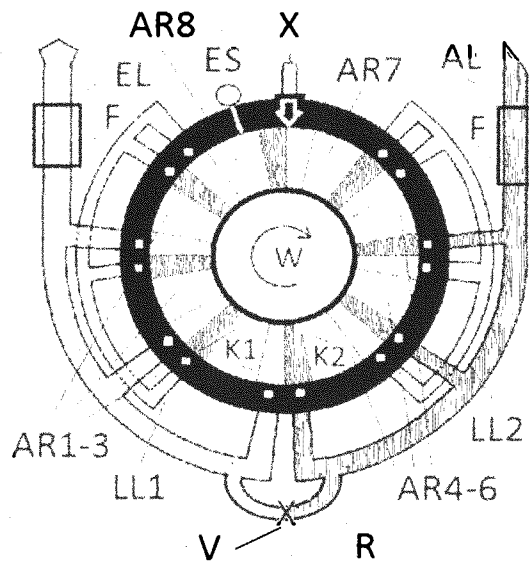


Fig. 30

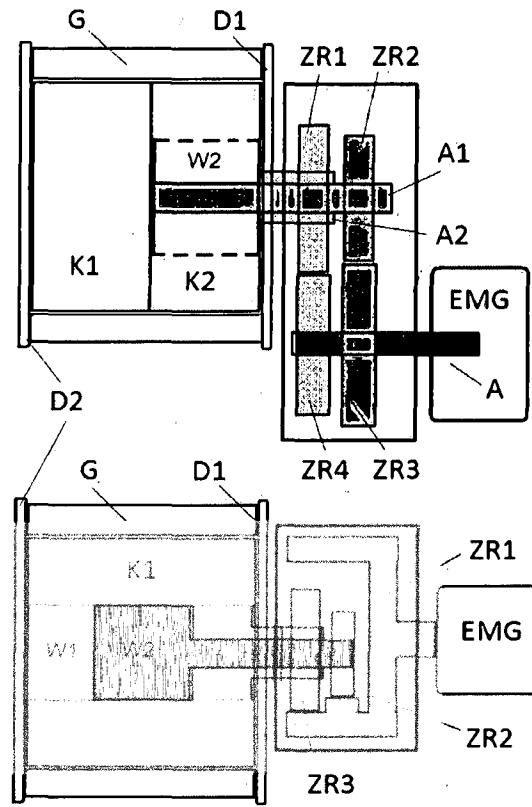


Fig. 31

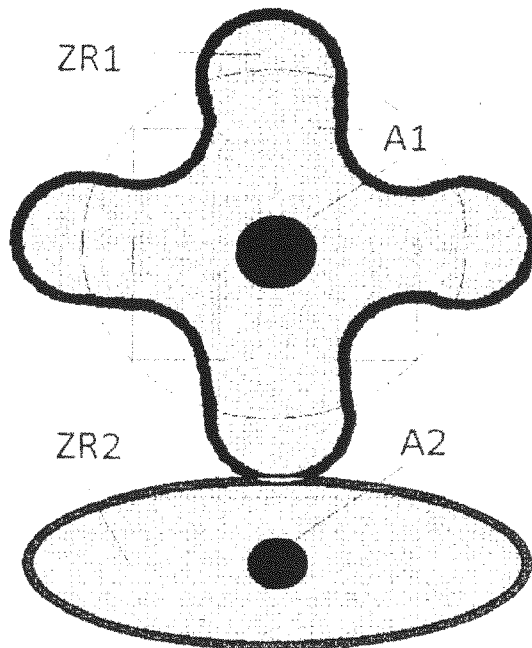


Fig. 32

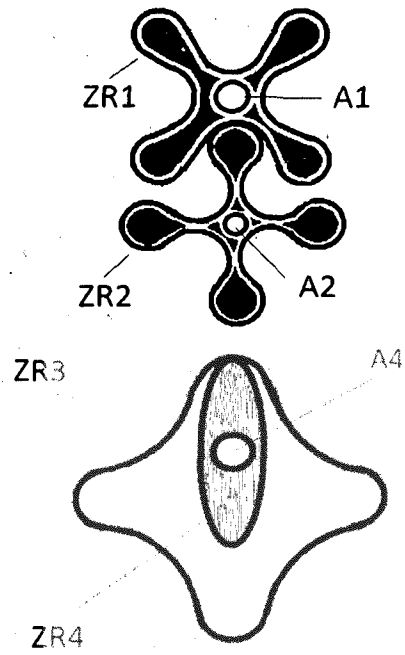


Fig. 33

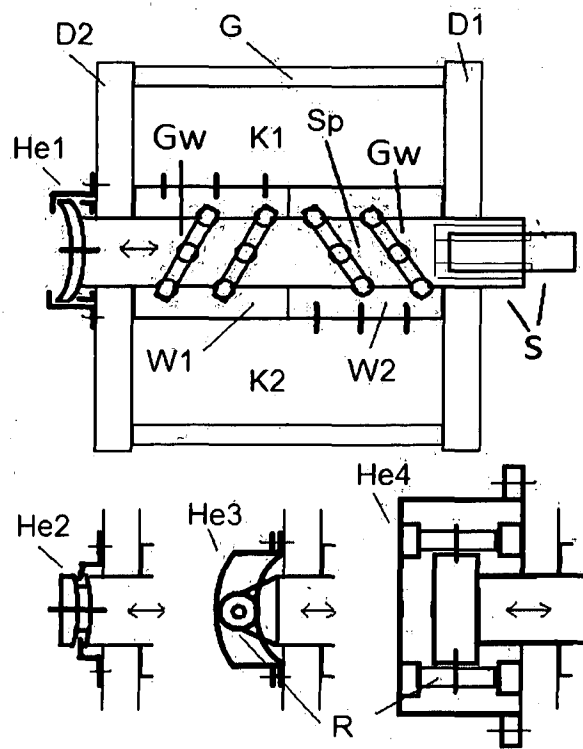


Fig. 34

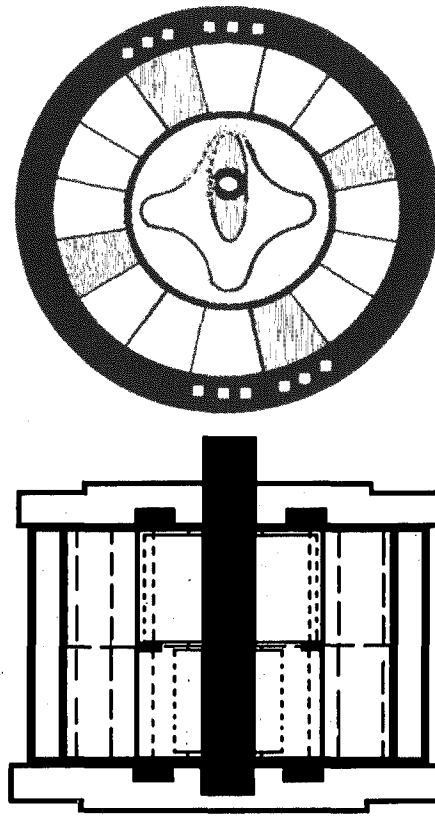


Fig. 35

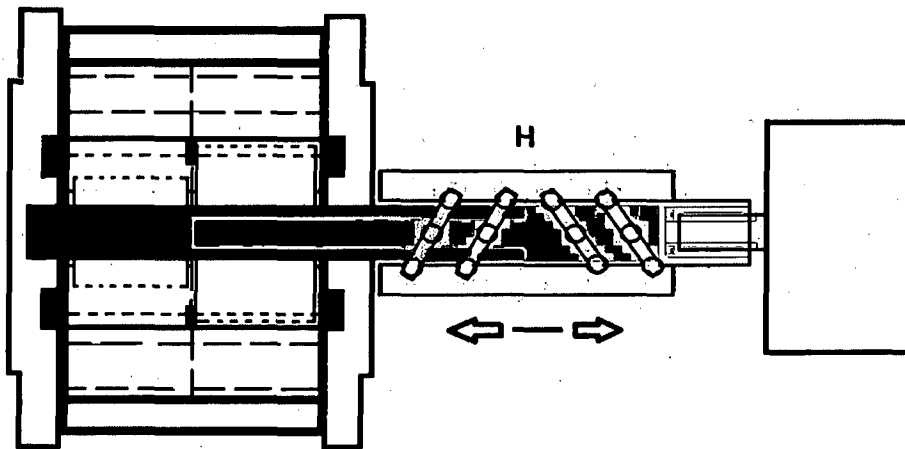


Fig. 36

