



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**07.12.2016 Patentblatt 2016/49**

(51) Int Cl.:  
**F02G 1/043** (2006.01) **F01C 1/22** (2006.01)  
**F01C 11/00** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15170474.9**

(22) Anmeldetag: **03.06.2015**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**MA**

• **Günther, Norbert**  
**18311 Ribnitz-Damgarten (DE)**

(74) Vertreter: **Garrels, Sabine**  
**Schnick & Garrels**  
**Patentanwälte**  
**Schonenfahnerstrasse 7**  
**18057 Rostock (DE)**

(71) Anmelder: **EN3 GmbH**  
**18182 Bentwisch (DE)**

Bemerkungen:  
Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

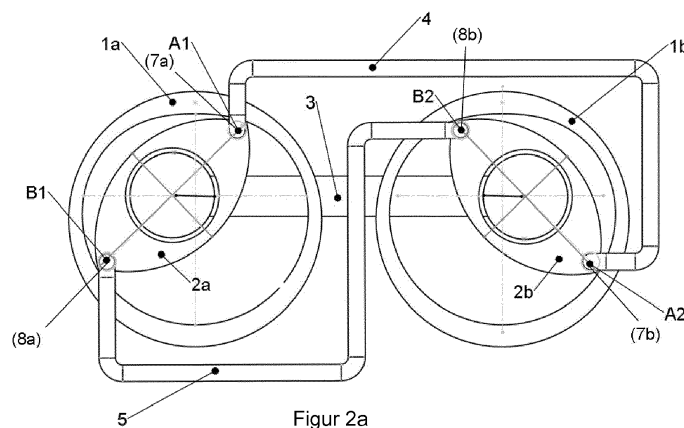
(72) Erfinder:  
• **Günther, Eggert**  
**18209 Bad Doberan (DE)**

(54) **WÄRME-TRANSFER-AGGREGAT UND VERFAHREN ZUR DURCHFÜHRUNG THERMODYNAMISCHER KREISPROZESSE MITTELS EINES WÄRME-TRANSFER-AGGREGATS**

(57) Gegenstand der Erfindung ist ein Wärme-Transfer-Aggregat und ein-Verfahren zur Durchführung thermodynamischer Kreisprozesse mittels eines Wärme-Transfer-Aggregat unter Nutzung von zwei miteinander verbundenen Kreiskolbenmaschinen mit einbogigen Trochoiden und Zweieck-Kolben.

Die erfindungsgemäße Lösung ist eine Anordnung zweier gleicher Kreiskolbenmaschinen (KKM) und einer elektrodynamischen Einheit (EDE), die sich in einem Hermetik-System befinden. Die beiden Kreiskolbenmaschinen sind innerhalb des Hermetik-Systems durch eine gemeinsame reale oder funktionale Welle verbunden,

wobei ihre Drehbewegung ein gemeinsam benutztes abgeschlossenes, in Masse und Gesamtvolumen konstantes Arbeitsmedium durch die Prozessphasen Kompression und Expansion in thermodynamischen Kreisprozessen mit externer Wärmezufuhr bzw. Wärmeabfuhr ohne Verwendung von Ventilsteuerorganen führt. Die Anordnung teilt prozessphasenweise das gemeinsam benutzte Arbeitsmedium in eine Teilmenge Kompression und eine Teilmenge Expansion. Im Folgenden wird der Begriff "Wärme-Transfer-Aggregat" (WTA) für das Gesamttaggregat verwendet.



## Beschreibung

**[0001]** Gegenstand der Erfindung ist ein Wärme-Transfer-Aggregat und ein Verfahren zur Durchführung thermodynamischer Kreisprozesse mittels eines Wärme-Transfer-Aggregats unter Nutzung von zwei miteinander verbundenen Kreiskolbenmaschinen mit einbogigen Trochoiden und Zweieck-Kolben.

**[0002]** Der Stand der Technik wird in folgenden Patentveröffentlichungen offenbart.

**[0003]** US 5335497 A weist zwei auf einer gemeinsamen Welle arbeitende Zweieck-Kolben auf, die ein abgeschlossenes Arbeitsmedium für Kompression und Expansion verwenden. Der Medienwechsel zu/von den Arbeitsräumen erfolgt über die Laufbahnflächen. Hierdurch haben beide Kolben bei bestimmten Winkelstellungen eine Kurzschlussströmung. Der beschriebene thermodynamische Prozessablauf ist mit den dargestellten Winkelstellungen Kolben ohne zusätzliche Steuerorgane nicht realisierbar.

**[0004]** US 4179890 A und US 5211017 A weisen als gemeinsames Merkmal abgeschlossene Medienkreisläufe auf, jedoch arbeiten diese Aggregate nicht mit Zweieckkolben. Hieraus ergeben sich aus thermodynamischer Sicht andere, ungünstigere Prozessbedingungen, da sich geometrisch bedingt nur geringe Druckänderungen realisieren lassen. Der Medienwechsel über Kanäle in den Laufbahnflächen kann zur Kurzschlussströmung um die Kolben führen.

**[0005]** US 5317996 A zeigt eine Maschine, die mehrere durch eine gemeinsame Welle verbundene Zweieck-Kolben hat. Der Medienwechsel erfolgt über Öffnungen in den Laufbahnflächen. Die Öffnungen sind so angeordnet, dass in bestimmten Winkelstellungen Kurzschlussströmungen um die Kolben auftreten, die sich auch durch die vorgesehenen Steuerorgane nicht vermeiden lassen.

**[0006]** EP 1075595 B1 weist zwei Dreieck-Kolben auf. Die Maschine hat zwei Gehäuse in Form zweibogiger Trochoiden, entsprechend der bekannten Wankelmaschine. Die Maschine verwendet ein gemeinsames abgeschlossenes Arbeitsmedium, wobei die Kanäle für den Medienwechsel zwischen den Gehäusen an den Seitendeckeln ansetzen.

**[0007]** DE 3333586 A1 zeigt zwei Drehkolbenmaschinen, deren innerachsige Rotoren durch jeweils zwei von außen, in den Gehäusen geführten Schiebern jeweils zwei Arbeitskammern bilden. Die Rotoren laufen exzentrisch zu den kreisförmigen Gehäusen. Sie sind durch eine gemeinsame Welle verbunden. Die Rotoren haben einen Drehwinkelversatz von 90 Grad. Die Maschine arbeitet mit einem abgeschlossenen Medium. Der Medienwechsel zu/von den Arbeitsräumen erfolgt über die Laufbahnflächen. Die Anordnung der Dichtelemente in Form der Schieber widerspricht dem Wankeischen Axiom, wonach eine funktionierende Rotationskolbenmaschine nur zwei relativ zueinander bewegte, den Arbeitsraum bildende Bauteile haben darf und die Dichtelemen-

te auf dem bewegten Bauteil angeordnet sein müssen.

## Darstellung der Erfindung

**[0008]** Aufgabe der Erfindung ist es, die Realisierung eines Wärme-Transfer-Aggregats unter den Grundprinzipien thermodynamischer Prozesse wie beispielsweise eines Stirlingprozesses oder eines CO<sub>2</sub>-Kälteprozesses vorzunehmen, wobei eine Kreisprozessführung abgeschlossener Medien mit ausreichenden Druckänderungen zwischen Kompression und Expansion sowie ein hermetischer Abschluss des Wärme-Transfer-Aggregats erforderlich sind, um Prozesse unter höheren Drücken gestatten zu können. Höhere Drücke und damit höhere Stoffdichten der abgeschlossenen Medien ergeben bessere Wärmeübergangswerte zwischen dem zirkulierenden Medium und den Bauteilen, die vom dem Medium durchströmt werden und erhöhen die Leistungsdichte des Kreisprozesses bzw. der Anordnung.

**[0009]** Die Lösung der Aufgabe wird durch die Anordnung zweier gleicher Kreiskolbenmaschinen (KKM) und einer elektrodynamischen Einheit (EDE), die sich in einem Hermetik-System befinden, realisiert. Die beiden Kreiskolbenmaschinen sind innerhalb des Hermetik-Systems durch eine gemeinsame reale oder funktionale Welle verbunden, wobei ihre Drehbewegung ein gemeinsam benutztes abgeschlossenes, in Masse und Gesamtvolumen konstantes Arbeitsmedium durch die Prozessphasen Kompression und Expansion in thermodynamischen Kreisprozessen mit externer Wärmezufuhr bzw. Wärmeabfuhr ohne Verwendung von Ventilsteuerorganen führt. Die Anordnung teilt prozessphasenweise das gemeinsam benutzte Arbeitsmedium in eine Teilmenge Kompression und eine Teilmenge Expansion. Im Folgenden wird der Begriff "Wärme-Transfer-Aggregat" (WTA) für das Gesamttaggregat verwendet.

**[0010]** Die erfinderische Lösung geht von dem aus der Analyse des Standes der Technik abgeleiteten Anforderungsprofil aus. Dieses Anforderungsprofil beinhaltet die Verwendung von zwei gleichen Rotationskolbenmaschinen (RKM), die der Bedingung genügen, dass sie das Wankeische Axiom erfüllen, wonach nur Maschinen als Kraftmaschinen funktionieren, die aus nur zwei relativ zueinander bewegten, den Arbeitsraum umgrenzenden Bauteilen bestehen. Zum Anforderungsprofil gehört, dass von allen hiernach infrage kommenden Maschinen nur zwei gleiche Kreiskolbenmaschinen (KKM) mit einem Zweieck-Kolben und einer einbogigen Trochoide verwendet werden. Sie weisen die größten Volumenänderungen in den Prozessphasen auf. Geometrisch bedingt und kennzeichnend für Zweieck-Kolben ist die Möglichkeit der Kurzschlussumströmung des Kolbens, wenn Öffnungen für den Medienwechsel einer KKM nicht exakt diametral zur Längsachse des Kolbens angeordnet sind und in Dreh-Umfangsrichtung nicht durch die Kolbenspitzen geteilt werden. Daraus folgt, dass die Öffnungen für den Medienwechsel nicht in der Laufflächenkontur der einbogigen Trochoide angeordnet sein dürfen, da dies

zu Kurzschlussströmungen um die Zweieck-Kolben und damit zur Aufhebung der Abgrenzung der Medien-Teil-mengen führt. Die Öffnungen für den Medienwechsel sind in den Seitendeckeln anzuordnen, wie es bereits aus EP 1075595 B1 ersichtlich ist. Die Kolben der KKM sind zugleich die Steuerorgane für das Öffnen und Schließen der Öffnungen. Dies führt nur dann zu einer zufriedenstellenden Lösung, wenn die Kolben nach dem in WO 2008065017 A1 dargelegten Funktionsprinzip aufgebaut sind und die Forderung nach einer aktiven, mit Feder- oder Medienkräften wirkenden, Flächendichtung erfüllen. Nach dem Coulombschen Reibungsgesetz gilt, dass die Reibungskräfte nicht von der Größe der Reibflächen abhängen. Die radialen Abdichtungen an den Spitzen der Kolben erfolgen durch federnde Dichtleisten, die sich zugleich auch in axialer Richtung federnd an die Seitendeckel anlegen und somit eine vollständige Abdichtung der Arbeitskammern gegeneinander ergeben. Dieses Dichtsystem ist der bekannte Stand der Technik und durch Patenterteilungen international geschützt. Es ist nicht Gegenstand der vorliegenden Anmeldung, jedoch ist die dichtende flächige Anlage der Kolbenseiten an den Seitendeckeln eine notwendige Voraussetzung der erfinderischen Lösung. Zwei zusammen arbeitende gleiche Kreiskolbenmaschinen mit einbogiger Trochoide ergeben wiederum nur dann eine größte Volumenänderung der Medien-Teil-mengen, wenn die Trochoiden gleiche Ausrichtung bezüglich ihrer Hauptachse haben und wenn ihre Kolben um 90 Grad versetzt arbeiten. Erfindungsgemäß müssen hierfür insgesamt vier Öffnungen in den Seitendeckeln (jeweils eine Öffnung in jedem Seitendeckel) angeordnet sein, die ein Anordnungsmuster aufweisen, welches bei Sicht in Richtung der gemeinsamen Achse ein Kreuz ergibt mit zwei um 90 Grad versetzten Achsen, die jeweils um 45 Grad gegenüber einer gedachten Hauptachse versetzt sind. Die Öffnungen in den Seitendeckeln werden entlang den Kreuzachsen soweit an die Trochoidenkonturen heran angeordnet, dass alle Öffnungen vollständig und gleichweit entfernt von den Kolbenmitten durch die vorbeilaufenden Kolbenseiten zugleich abgedeckt werden können, womit das Vermeiden von Kurzschlussumströmungen um die Zweieck-Kolben verhindert wird.

**[0011]** Das erfindungsgemäße Wärme-Transfer-Aggregat besteht aus zwei miteinander über Verbindungskanäle und einer gemeinsamen Welle verbundenen Kreiskolbenmaschinen mit einbogigen Trochoiden und um 90 Grad gegeneinander versetzten Zweieck-Kolben mit jeweils zwei Kolbenspitzen. Die Verbindungskanäle ermöglichen über vier Öffnungen in den vier Seitendeckeln der Kreiskolbenmaschinen einen Wechsel des Arbeitsmediums. In jeweils einem Seitendeckel ist jeweils nur eine Öffnung in der Art angeordnet, dass die vorbeilaufenden Kolbenspitzen als Steuerorgane für das Öffnen und Schließen der Öffnungen für den Wechsel des Arbeitsmediums zwischen den Kreiskolbenmaschinen im thermodynamischen Arbeitsprozess abdichtend wirken. Auf der gemeinsamen Welle ist eine elektrodyna-

misches Einheit (EDE) einseitig angeordnet. Dabei liegen sich jeweils zwei Öffnungen einer Kreiskolbenmaschine, schematisch gesehen, diagonal in einem Winkel von 45 Grad zu einer gedachten Hauptachse der einbogigen Trochoide gegenüber. Die Anordnung aller Öffnungen beider Kreiskolbenmaschinen ist, schematisch gesehen, ein Kreuz mit zwei um 90 Grad versetzten Achsen.

**[0012]** Bei einer Arbeitsstellung des ersten Zweieck-Kolbens in einem Winkel von 45 Grad und des zweiten Zweieck-Kolbens in einem Winkel von -45 Grad zu der gedachten Hauptachse der einbogigen Trochoide sind alle Öffnungen in den Seitendeckeln durch die Kolbenspitzen für den Wechsel des Arbeitsmediums zwischen den Kreiskolbenmaschinen geschlossen.

**[0013]** Ein Verbindungskanal ist zwischen den Öffnungen der inneren Seitendeckel der beiden Kreiskolbenmaschinen und der zweite Verbindungskanal ist zwischen den Öffnungen der äußeren Seitendeckel beider Kreiskolbenmaschinen angeordnet. Die Verbindungskanäle sind rohrförmig und mit Wärmeübertragern verbunden.

**[0014]** In einer Ausführungsform ist zwischen den Verbindungskanälen eine Verbindungsleitung mit einem Ventil für einen Druckausgleich beim Befüllen, Anfahren oder Abstellen des Aggregats angeordnet.

**[0015]** In einer weiteren Ausführungsform ist zwischen dem zweiten Verbindungskanal und dem ersten Verbindungskanal ein Wärmerohr angeordnet, welches eine Abfuhr von Wärme am zweiten Verbindungskanal und eine Zufuhr von Wärme am ersten Verbindungskanal unterstützt.

**[0016]** Das erfindungsgemäße Verfahren zur Durchführung thermodynamischer Kreisprozesse mittels eines Wärme-Transfer-Aggregats nutzt zwei miteinander über eine gemeinsamen Welle verbundene Kreiskolbenmaschinen mit einbogigen Trochoiden und um 90 Grad gegeneinander versetzten Zweieck-Kolben. In einem hermetisch abgeschlossenen Drucksystem nutzt jede der Kreiskolbenmaschinen für sich und mittels ihrer mechanischen Kopplung gemeinsam durch mechanische Kompression und Expansion ein in beiden Kreiskolbenmaschinen zirkulierendes, abgeschlossenes Arbeitsmedium. Es wird Wärmeenergie zwischen Wärmequellen und Wärmesenken transferiert, welche ein Wärmequellen-Wärmesenken-System bilden und mit dem Wärme-Transfer-Aggregat in Verbindung stehen. Ein mit dem Transferprozess bilanzierenden resultierenden Energiebetrag wird durch eine, mit den Kreiskolbenmaschinen über die gemeinsame Welle verbundene elektrodynamische Einheit dem Wärmequellen-Wärmesenken-System entnommen oder zugeführt.

**[0017]** Das Wärme-Transfer-Aggregat ist als ein hermetisch abgeschlossenes Drucksystem aufgebaut, in dem alle einzelnen Gehäuseteile der zwei Kreiskolbenmaschinen und der elektrodynamischen Einheit selbst Teil einer gemeinsamen Hermetik-Kapselung sind. Das Arbeitsmedium zirkuliert zwischen den Kreiskolbenmaschinen mit wechselnden Drücken um einen mittleren

Druck dieses hermetisch abgeschlossenen Drucksystems.

**[0018]** Die elektrodynamische Einheit arbeitet als Motor, Generator oder Startergenerator.

### Ausführung der Erfindung

**[0019]** Die prinzipielle Funktion der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird an einem Beispiel beschrieben. Hierzu zeigen die

Figuren 1a bis 2d einen Durchlauf des thermodynamischen Prozesses mit den verschiedenen Stellungen der Kolben,  
Figuren 2a bis 2d einen Durchlauf des thermodynamischen Prozesses mit eingezeichneten rohrförmigen Kanälen,  
Figuren 3a bis 3f in einer Abfolge von Schritten den Zusammenbau des Aggregats mit Seitendeckeln entlang einer gemeinsamen Achse,  
Figur 4a einen Längsschnitt durch die erfindungsgemäße Vorrichtung,  
Figuren 4b und 4c die angeschlossenen rohrförmigen Kanäle in verschiedenen Rotationsansichten des Wärme-Transfer-Aggregats,  
Figur 5 die Stellung der Kolben mit gleich großen Arbeitsvolumina mit einem Ventil für einen Druckausgleich und  
Figur 6 ein weiteres Ausführungsbeispiel zur Steigerung der Leistung.

**[0020]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Durchführung thermodynamischer Kreisprozesse besteht aus zwei miteinander verbundenen Kreiskolbenmaschinen (KKM) mit einbogigen Trochoiden und Zweieck-Kolben, welche über rohrförmige Verbindungskanäle und einer gemeinsamen Welle miteinander zu einem Wärme-Transfer-Aggregat (WTA) verbunden sind. Auf der gemeinsamen Welle ist einseitig eine elektrodynamische Einheit EDE angeordnet. Die Anordnung der elektrodynamischen Einheit EDE auf der gemeinsamen Welle des Aggregats ist nicht zwischen den zwei miteinander verbundenen Kreiskolbenmaschinen des Aggregats anzuordnen, da diese Anordnung die Länge der Kanäle zwischen den Seitendeckeln vergrößert und damit größere Totvolumen in das Aggregat bringt. Daher ist die elektrodynamische Einheit EDE an ein Ende der gemeinsamen Wellen des Aggregats, außerhalb des Wellenlagers der zwei Kreiskolbenmaschinen dichtend angeordnet. Die elektrodynamische Einheit EDE hat das gleiche Druckniveau des WTA im Ruhezustand, wobei dieser Teil des Arbeitsmediums aber nicht an der Prozessbedingten Zirkulation des Arbeitsmediums teilnimmt. Die Gehäuse und die Seitendeckel der Kreiskolbenmaschinen sind selbst Teil einer gemeinsamen Hermetik-Kapselung, die durch Abschlussdeckel vervollständigt wird. Die einzelnen Gehäuseteile der zwei Kreiskolbenmaschinen sind zugleich Teile eines hermetischen Druck-

systems.

**[0021]** In Figur 4a, einem Längsschnitt durch die Vorrichtung, sind von links beginnend auf der Welle 3 eine erste Kreiskolbenmaschine KKM1, eine zweite Kreiskolbenmaschine KKM2 und die elektrodynamische Einheit EDE angeordnet. Die erste Kreiskolbenmaschine KKM1 besteht aus einem Gehäuse 1a mit einer einbogigen Trochoide als Laufbahnkontur, einem linken, nach außen hin angeordneten Seitendeckel 6a und einem rechten zur Kreiskolbenmaschine KKM2 hin angeordneten Seitendeckel 6b. Der Seitendeckel 6a ist mit einem druckdichten Abschlussdeckel 13 verbunden, welcher auch die Welle 3 druckdicht umfängt. In dem Gehäuse der Kreiskolbenmaschine KKM1 auf der Welle 3 läuft ein Zweieck-Kolben 2a mit den Kennzeichnungen seiner Spitzen mit A1 und B1. Ebenso besteht die zweite Kreiskolbenmaschine KKM2 aus einem Gehäuse 1b mit einer einbogigen Trochoide als Laufbahnkontur und einem linken zur Kreiskolbenmaschine KKM1 hin angeordneten Seitendeckel 6c sowie einem nach außen, zur elektrodynamischen Einheit EDE hin angeordneten rechten Seitendeckel 6d. In dem Gehäuse der Kreiskolbenmaschine KKM2 auf der Welle 3 läuft ein Zweieck-Kolben 2b mit den Kennzeichnungen seiner Spitzen mit A2 und B2. Die Kennzeichnung der Spitzen der beiden Zweieck-Kolben 2a und 2b mit den Spitzen A1, A2, B1 und B2 erfolgt für eine einfachere Visualisierung des Bewegungsablaufs der Kolben 2a und 2b in den Figuren 1a bis 1d und 2a bis 2d. Beide Kreiskolbenmaschinen KKM1 und KKM2 sind hinsichtlich ihrer Funktion im WTA gleichwertig und austauschbar. Ebenfalls auf der Welle 3 angeordnet und mit dem Seitendeckel 6d verbunden ist die elektrodynamische Einheit EDE mit einem Druckgehäuse 9 mit einem seitlichen Abschlussdeckel 12. In dem Druckgehäuse 9 ist auf der Welle 3 ein Rotor 11 angeordnet, welcher von einem Stator 10 umgeben ist. Die hermetische Kapselung des WTA darf nicht durch die Durchführung einer drehenden Welle 3 unterbrochen werden. Eine nicht gezeichnete druckdichte Durchführung durch das Druckgehäuse 9 ist für im Kapselgehäuse vergossene Elektroleitungen vorgesehen.

**[0022]** In den Figuren 4b und 4c sind verschiedenen Rotationsansichten des WTA gezeigt. Ein rohrförmiger Verbindungskanal 5 (Fig. 4b) verläuft von dem linken Seitendeckel 6a der Kreiskolbenmaschine KKM1 zum rechten Seitendeckel 6d der Kreiskolbenmaschine KKM2 außen um beide Kreiskolbenmaschinen KKM1 und KKM2 auf der "kalten" Arbeitsseite des Wärme-Transfer-Aggregats herum. Dazu sind, wie in den Figuren 1 und 3 zu sehen ist, für den Verbindungskanal 5 im Seitendeckel 6a eine Öffnung 8a und im Seitendeckel 6d eine Öffnung 8b vorgesehen. Figur 4c zeigt eine um ca. 180 Grad gedrehte Ansicht, so dass die elektrodynamische Einheit EDE nun auf der linken Seite angeordnet ist. Dadurch ist ein rohrförmiger Verbindungskanal 4 zwischen dem rechten Seitendeckel 6b der Kreiskolbenmaschine KKM1 und dem linken Seitendeckel 6c der Kreiskolbenmaschine KKM2 auf der "heißen" Arbeitsseite des Wär-

me-Transfer-Aggregats sichtbar. Für den Verbindungskanal 4 sind im Seitendeckel 6b eine Öffnung 7a und im Seitendeckel 6c eine Öffnung 7b vorgesehen. Die Anordnung der rohrförmigen Verbindungskanäle 4 und 5 zwischen den Öffnungen 7a, 7b, 8a und 8b in den Seitendeckeln ist derart, dass der Verbindungskanal 4 zwischen den zwei inneren Seitendeckeln 6b und 6c zwischen den beiden Kreiskolbenmaschinen KKM1 und KKM2 und der Verbindungskanal 5 von dem äußeren Seitendeckel 6a zum anderen äußeren Seitendeckel 6d des Aggregats verläuft. Jeder der vier Seitendeckel 6a bis 6d des Aggregats hat nur eine Öffnung für den Wechsel des Arbeitsmediums. Die Öffnungen 7a, 7b, 8a und 8b befinden sich jeweils im Bereich der vorbeilaufenden seitlichen Kolbenspitzen A1, A2, B1 und B2.

**[0023]** Der Funktionsablauf des Wärme-Transfer-Aggregats wird mit Hilfe der folgenden Bilder näher erläutert. Die Figuren 1a bis 2d zeigen einen Durchlauf des thermodynamischen Prozesses mit den verschiedenen Stellungen der Kolben, wobei die Kreiskolbenmaschinen KKM1 und KKM2 in der Zeichenebene nebeneinander liegen, obwohl im realen Aggregat sich die Kreiskolbenmaschinen KKM1 und KKM2 bezüglich der Zeichenebene übereinander befinden. Dies ist notwendig aus Gründen der klaren Darstellung der funktionalen Zusammenhänge, hieraus ergibt sich keine Beeinträchtigung in der Darlegung des erfinderischen Anliegens.

**[0024]** Figur 1a zeigt die Stellung des Kolbens 2a der Kreiskolbenmaschine KKM1 mit einem Winkel von 45 Grad zur Hauptachse der einbogigen Trochoide gerichtet. Als Hauptachse wird eine Linie definiert, die durch den mathematischen Ursprung der Trochoide und den Mittelpunkt der Welle 3 läuft. Die Kolbenspitze B1 ist oben und die Kolbenspitze A1 unten. Eine kleinere Arbeitskammer befindet sich links oberhalb des Kolbens 2a und eine größere Arbeitskammer rechts unterhalb des Kolbens 2a. Die Stellung des Kolbens 2b der Kreiskolbenmaschine KKM2 ist in einem Winkel von 135 Grad zur Hauptachse gerichtet. Die Kolbenspitze A2 ist oben und die Kolbenspitze B2 unten. Eine kleinere Arbeitskammer befindet sich rechts oberhalb des Kolbens 2b und eine größere Arbeitskammer links unterhalb des Kolbens 2b. In dieser Stellung der Kolben 2a und 2b werden mit den Arbeitskammern der Kreiskolbenmaschinen KKM1 und KKM2 Arbeitsvolumina gebildet, indem die beiden kleineren Arbeitskammern durch den rohrförmigen Verbindungskanal 4 und die beiden größeren Arbeitskammern durch den rohrförmigen Verbindungskanal 5 kommunizierend verbunden sind. Die beiden kleineren verbundenen Arbeitskammern ergeben das minimale, die beiden größeren Arbeitskammern ergeben das maximale Arbeitsvolumen des WTA. Im Ruhezustand des Wärme-Transfer-Aggregats WTA haben die Medien-Teilmen gen in den beiden Arbeitsvolumina gleiches Druckniveau, unabhängig von den Kolbenstellungen, da ihre gegenseitige Abdichtung durch die Kolben 2a, 2b nur "dynamisch dicht" ist. Erst im Ergebnis des Anfahrprozesses gleichen sich die Medien-Teilmen gen einander an. Bedingt durch

unvermeidliche innere Leckagen an den ansonsten abdichtenden Kolben 2a, 2b unterliegen die Arbeitsvolumina dann wechselseitig ausgleichend somit einer Schwankung. Figur 1c und Figur 5 zeigen die Stellung der Kolben 2a, 2b mit gleich großen Arbeitsvolumina. Figur 5 zeigt in einer Ausführungsform ein Ventil 14 in einer Verbindungsleitung, mit der zwischen den Verbindungskanälen 4 und 5 der Druckausgleich für das Befüllen, Anfahren sowie das Abstellen des Aggregats erfolgen kann.

**[0025]** Die Figuren 1b und 1c zeigen die Stellung der Kolben 2a und 2b nach einer Drehungen von jeweils 45 Grad im Uhrzeigersinn. Figur 1d zeigt die Stellung der Kolben 2a und 2b nach einer Gesamtdrehung von 180 Grad im Uhrzeigersinn. Das Wärme-Transfer-Aggregat hat wieder das minimale bzw. maximale Arbeitsvolumen erreicht. Die gekennzeichneten Kolbenspitzen A1 und B1 bzw. A2 und B2 sind jetzt zyklisch vertauscht, indem die Kolbenspitze A1 oben und die Kolbenspitze B1 unten sowie die Kolbenspitze B2 oben und die Kolbenspitze A2 unten sind.

**[0026]** In den Figuren 1a bis 1d sind die Öffnung 8a im Seitendeckel 6a, die Öffnung 8b im Seitendeckel 6d (in den äußeren Seitendeckel 6a und 6d des Verbunds der zwei Kreiskolbenmaschinen KKM1 und KKM2), die Öffnung 7a im Seitendeckel 6b und die Öffnung 7b im Seitendeckel 6c (in den beiden inneren Seitendeckel 6b und 6c des Verbunds der zwei Kreiskolbenmaschinen KKM1 und KKM2) schematisch eingezeichnet. Die Öffnung 7a und die Öffnung 8b sind unterhalb der abgeplatteten Trochoidenkontur angeordnet. Analog weisen die Öffnungen 8a und 7b zur kreisförmigen Seite der Trochoiden hin.

**[0027]** Die Öffnung 7a rechts oben und die Öffnung 8a links unten der Kreiskolbenmaschinen KKM1 liegen sich, schematisch gesehen, diagonal gegenüber. Ebenso ist die Anordnung der Öffnung 8b links oben und der Öffnung 7b rechts unten diagonal gegenüberliegend. Daraus ergibt sich ein Anordnungsmuster, welches bei Sicht von der elektrodynamischen Einheit EDE aus in Richtung der gemeinsamen Achse und unter der Annahme, dass die Seitendeckel beider Kreiskolbenmaschinen KKM1 und KKM2 direkt übereinanderliegen, ein Kreuz ergibt mit zwei um 90 Grad versetzten Achsen, die in einer Position von 45 Grad bzw. -45 Grad zu einer gedachten Hauptachse der einbogigen Trochoide versetzt sind. Jede Öffnung 7a, 7b, 8a und 8b wird bei einer Stellung der um 90 Grad gegeneinander versetzten Kolben 2a und 2b von einer Kolbenspitze A1, A2, B1 und B2 abgedeckt. Die von den seitlichen Kolbenspitzen A1, A2, B1 und B2 abgedeckten Öffnungen 7a, 7b, 8a und 8b befinden sich auf jeweils gegenüberliegenden Seiten der Kolben 2a und 2b einer Kreiskolbenmaschinen KKM1 oder KKM2. Durch diese Anordnung sind die Kolben 2a und 2b sowohl die Verdrängungskörper für den thermodynamischen Arbeitsprozess als auch das aktive, mittels Feder- oder Medienkräften gegen die Seitenflächen abdichtend wirkende Steuerorgane für das Öffnen und Schließen

der Öffnungen 7a, 7b, 8a und 8b für den Wechsel des Arbeitsmediums zwischen den Kreiskolbenmaschinen KKM1 und KKM2 im thermodynamischen Arbeitsprozess.

**[0028]** Die Figuren 2a bis 2d zeigen einen Durchlauf des thermodynamischen Prozesses mit eingezeichneten rohrförmigen Verbindungskanälen 4 und 5 und wie diese mit den Arbeitskammern verbunden sind, wobei der Verbindungskanal 4 zwischen der Öffnung 7a und der Öffnung 7b angeordnet ist und der Verbindungskanal 5 zwischen der Öffnung 8a und der Öffnung 8b. Hierdurch werden jeweils zwei Arbeitskammern zu einem gemeinsamen Arbeitsvolumen verbunden.

**[0029]** Figur 2a zeigt die Kolben 2a und 2b in einer Stellung, die der Stellung in Figur 1a entspricht. Der Verbindungskanal 4 verbindet die Kreiskolbenmaschine KKM1 mit der Kreiskolbenmaschine KKM2. Das hiermit gebildete gemeinsame Arbeitsvolumen hat in dieser Stellung sein Minimum. Der Verbindungskanal 5 verbindet ebenfalls die Kreiskolbenmaschine KKM1 mit der Kreiskolbenmaschine KKM2. Das hiermit gebildete gemeinsame Arbeitsvolumen hat in dieser Stellung sein Maximum.

**[0030]** Die Figuren 2b bis 2d zeigen die Änderungen der Arbeitsvolumina, bis sie nach einer Gesamtdrehung der Kolben um 180 Grad die jeweiligen Größenänderungen erreicht haben. In den 45 Grad-Positionen der Kolben 2a und 2b (Fig. 2a und 2d) werden die Verbindungskanäle 4 und 5 durch die Seitenflächen der Kolben verschlossen.

**[0031]** Die Figuren 3a bis 3f zeigen als Abfolge von Schritten den Zusammenbau des Aggregats mit den Seitendeckeln 6a bis 6d entlang der gemeinsamen Welle 3.

**[0032]** Figur 3a beginnt mit dem Exzenter 31a, dem Seitendeckel 6b, welcher zur Kreiskolbenmaschine KKM1 gehört, einem nicht weiter bezeichneten Wellenlager, dem Seitendeckel 6c, welcher zur Kreiskolbenmaschine KKM2 gehört, und dem Exzenter 31b. Im Seitendeckel 6b befindet sich die Öffnung 7a, im Seitendeckel 6c die Öffnung 7b. An die Öffnungen 7a und 7b schließt der in dieser Figur nicht gezeigte rohrförmige Verbindungskanal 4 an.

**[0033]** Aus Figur 3a ist erkennbar, dass die Öffnung 7a um einen Winkel von 45 Grad gegenüber der Hauptachse und die Öffnung 7b um einen Winkel von 135 Grad gegenüber der Hauptachse versetzt ist. In der gezeigten Kolbenstellung nach den Figuren 1a und 2a werden beide Öffnungen und damit der Verbindungskanal 4 durch die Kolben 2a und 2b verschlossen. Bild 3b zeigt dies mit dem Kolben 2b, der die Öffnung 7b verschließt.

**[0034]** In Figur 3c ist der zweite Seitendeckel 6d der Kreiskolbenmaschine KKM2 mit der Öffnung 8b hinzugefügt. In der Kolbenstellung nach den Figuren 1a und 2a wird auch die Öffnung 8b durch den Kolben 2b verschlossen. An die Öffnungen 8a und 8b schließt der in dieser Figur nicht gezeigte rohrförmige Verbindungskanal 5 an.

**[0035]** In Figur 3d ist auch der Kolben 2a und der Sei-

tendeckel 6a der Kreiskolbenmaschine KKM1 hinzugefügt. Die Figur 3e zeigt eine Ansicht ohne Kolben. Hier sind deutlich die Öffnungen 8a im Seitendeckel 6a und die Öffnung 7a im Seitendeckel 6b der der Kreiskolbenmaschine KKM1 sowie die Öffnung 7b im Seitendeckel 6c und die Öffnung 8b im Seitendeckel 6d der Kreiskolbenmaschine KKM2 zu sehen. Figur 3f zeigt wiederum eine Ansicht mit beiden Kolben 2a und 2b in der Stellung nach den Figuren 1a und 2a. Die Öffnung 8a ist durch den Kolben 2a und die Öffnung 8b ist durch den Kolben 2b verschlossen. Damit ist der Verbindungskanal 5 in dieser Kolbenstellung ebenfalls verschlossen.

**[0036]** Die Funktionsweise des Aggregats wird im Folgenden erläutert. Dies erfolgt anhand der Figuren 2a bis 2d. In der Kolbenstellung nach Figur 2a hat das Aggregat das minimale Arbeitsvolumen "oberhalb" der Kolben 2a und 2b, die Kolben zeigen um 45 Grad gegenüber der Hauptachse gedreht in Richtung der abgeplatteten Seiten der einbogigen Trochoide. Die Arbeitskammern oberhalb der Kolben sind durch den Verbindungskanal 4 verbunden und bilden ein gemeinsames Arbeitsvolumen. "Unterhalb" der Kolben 2a und 2b hat das Aggregat das maximale Arbeitsvolumen. Die Arbeitskammern unterhalb der Kolben 2a und 2b sind durch den Verbindungskanal 5 verbunden und bilden ebenfalls ein gemeinsames Arbeitsvolumen. Bei einer Drehung der Kolben 2a und 2b vergrößert sich das obere Arbeitsvolumen, das untere Arbeitsvolumen wird verkleinert. Die Volumenänderungen sind die eigentliche Funktionalität des Wärme-Transfer-Aggregats.

**[0037]** Eine für die thermodynamischen Kreisprozesse des WTA wichtige Eigenschaft ist mit der genannten Anordnung der Öffnungen in den Seitendeckeln nach einem 45 Grad/135 Grad Anordnungsmuster verbunden: Bei der Kolbendrehung ist außer der Änderung der Arbeitsvolumina auch der Gradient der Änderung in den einzelnen Arbeitskammern von Bedeutung. Hiernach erfolgt beispielsweise bei Vergrößerung des minimalen Volumens zunächst eine Durchströmung des Verbindungskanals 4 zu der sich vergrößernden Arbeitskammer hin - was plausibel ist. Ab einem bestimmten Kolbendrehwinkel ist jedoch der Gradient der Volumenänderung in der zu füllenden Arbeitskammer kleiner als der Gradient der liefernden Kammer. Hierdurch entsteht eine Umkehrung der Strömung, was zu einem intensiven Wärmeübergang im Verbindungskanal 4 führt. Der gleiche Effekt tritt analog auf der Seite Verkleinerung des maximalen Volumens im Verbindungskanal 5 auf. Wird das Anordnungsmuster der Öffnungen in den Seitendeckeln gegenüber der 45 Grad/135 Grad-Ausrichtung gedreht, geht der Effekt des intensiven Wärmeübergangs verloren. Die Wärmeübergänge an den Verbindungskanäle 4 und 5 sind jedoch für das WTA von Bedeutung, da ein Stoffwechsel mit der Umgebung nicht besteht.

**[0038]** Betrachtet wird zunächst ein sogenannter **rechtsläufiger thermodynamischer Kraftmaschinen-Kreisprozess**. Wird aus einer äußeren Wärmequelle dem Verbindungskanal 4 Wärmeenergie zugeführt, ent-

steht im oberen Arbeitsvolumen eine Druckerhöhung des eingeschlossenen Mediums, beispielsweise Helium als Wärmeträger, verbunden mit Druckkräften auf die Kolben 2a und 2b und einem in der Welle 3 wirkenden Drehmoment, das sich als Drehung der elektrodynamischen Einheit EDE und Abgabe elektrischer Energie auswirkt. Im oberen Arbeitsvolumen erfolgt eine isochore Druckerhöhung bis zu einer Drehwinkel-Änderung von etwa 30 Grad, danach erfolgt die Expansion des Arbeitsmediums bei gleichzeitiger Wärmezufuhr nahe einer Isothermen. Gleichzeitig erfolgt im unteren Arbeitsvolumen eine isochore Druckabsenkung mit Temperaturabsenkung, phasengleich zum Volumenverlauf im oberen Arbeitsvolumen. Diese Druckabsenkung wirkt sich als Verstärkung des Drehmoments in der Welle 3 aus. Danach erfolgt eine Kompression des Arbeitsmediums unter Abgabe von Wärmeenergie über den Verbindungskanal 5 an die Umgebung. Je nachdem, ob diese Wärmeabgabe bei der Kompression durch eine aktive Kühlung unterstützt wird, verläuft diese entlang einer Polytropen, im Idealfall entlang einer Isothermen. Das Aggregat arbeitet als Kraftmaschine, ähnlich der Stirlingmaschine.

[0039] Die konstruktive Ausführung des Aggregats erfolgt so, dass die "Nullstellung" vorzugsweise durch die 45-Grad-Stellung der Kolben 2a und 2b gekennzeichnet ist. Diese Stellung bewirkt beim Arbeitsablauf des Aggregats den Effekt, dass der Wärmeübergang einer äußeren Wärmeenergie über die Wand des Verbindungskanals 4 besonders intensiv ist. Dieser Effekt entsteht dadurch, dass die Strömung des Arbeitsmediums durch den Verbindungskanal 4 sich nochmals umkehrt, wenn der Gradient der Volumenänderung der oberen Arbeitskammer der Kreiskolbenmaschine KKM1 größer ist als der Gradient der Volumenänderung der oberen Arbeitskammer der Kreiskolbenmaschine KKM2, obwohl sich die beiden Kolben 2a und 2b gleichmäßig in Arbeitsrichtung drehen.

[0040] Der Effekt der Strömungsumkehr erfolgt mit gleicher Phasenlage und aus gleichen Ursachen auch mit dem unteren Arbeitsvolumen.

[0041] Die Energiebilanz für das Aggregat ergibt, dass die zugeführten und abgeführten Energiemengen an den Verbindungskanälen 4 und 5 sowie an der elektrodynamischen Einheit EDE, die als Generator arbeitet, im energetischen Gleichgewicht stehen.

[0042] Betrachtet wird ein **linksläufiger thermodynamischer Arbeitsmaschinen-Kreisprozess**. Für diese Betriebsvariante erfolgt die Energiezufuhr über die elektrodynamische Einheit EDE, die hier als Antriebsmotor arbeitet. Beginnend mit einer Stellung der Kolben 2a und 2b nach Figur 2a erfolgt im unteren Arbeitsvolumen eine isochore Druckerhöhung des Arbeitsmediums bis zu einer Drehwinkeländerung von etwa 30 Grad, Figuren 2b, 2c und 2d.

[0043] Nach Figur 2a erfolgt die Kompression des Arbeitsmediums, beispielsweise CO<sub>2</sub> als Kältemittel, im unteren Arbeitsvolumen. Das Arbeitsmedium nimmt in einer isochoren Phase bis zu einer Drehwinkeländerung

von etwa 30 Grad über den Verbindungskanal 5 Wärmeenergie aus einem Umgebungsraum, verbunden mit einer Druckerhöhung, auf. Die nachfolgende weitere Kompression geschieht unter weiterer Aufnahme von Umgebungswärme als Polytrope. Das Arbeitsmedium zirkuliert demnach zwischen den Kreiskolbenmaschinen KKM1 und KKM2 mit wechselnden Drücken um einen mittleren Druck des hermetisch abgeschlossenen Drucksystems.

[0044] Phasengleich erfolgt im oberen Arbeitsvolumen eine isochore Abgabe von Wärmeenergie an einem Umgebungsraum, verbunden mit einer Druckabsenkung des Arbeitsmediums. Diese Druckabsenkung entspricht der Drosselentspannung in konventionellen Kältekreisläufen. In Fall des beschriebenen Aggregats ist die Druckabsenkung jedoch eine Rückgewinnung mechanischer Energie, die als Drehmoment an die Welle 3 gegeben wird und eine Entlastung des Antriebs der elektrodynamischen Einheit EDE darstellt. Die weitere Expansion des Arbeitsmediums im oberen Arbeitsvolumen erfolgt als Polytrope. Es erfolgt über den Verbindungskanal 4 die weitere Abgabe von Wärmeenergie an den Umgebungsraum unter weiterer Abkühlung, wobei es mechanische Arbeit über die Drehung der Kolben 2a und 2b an die Welle 3 abgibt.

[0045] Figur 2d zeigt den abgeschlossenen Ablauf. Das abgekühlte Arbeitsmedium befindet sich jetzt im unteren Arbeitsvolumen, wo es über den Verbindungskanal 5 Umgebungswärme aufnimmt und wieder verdichtet wird. Der Zyklus beginnt von Neuem.

[0046] Die Energiebilanz für das Aggregat ergibt, dass die zugeführten und abgeführten Energiemengen an den Verbindungskanälen 4 und 5 sowie an der elektrodynamischen Einheit EDE, die als Motor arbeitet, im energetischen Gleichgewicht stehen. Das Aggregat arbeitet als Kälte-Arbeitsmaschine. Der Einsatzzweck kann dabei sowohl ein Kühlvorgang als auch Heizvorgang sein.

[0047] Betrachtet wird ein weiterer **rechtsläufiger thermodynamischer Kraftmaschinen-Kreisprozess**.

[0048] Die beschriebene hermetische Kapselung des Aggregats ermöglicht weitere Betriebsvarianten. So lassen sich mit der dargestellten Basisgeometrie von zwei Kreiskolbenmaschinen mit einbogiger Trochoide in realer Konstruktion Druckänderungswerte zwischen minimalem und maximalem Volumen der Medien-Teilmen gen bis zu einem Wert bis etwa 6 erreichen. In Zusammenhang mit einem Basisfülldruck des Aggregats von beispielsweise 300 bar, was technisch nur mittleren Anforderungen entspricht, lassen sich Drücke im oberen Arbeitsvolumen von etwa 1800 bar erreichen.

[0049] Für alle inneren, drehenden Bauteile des gekapselten Wärme-Transfer-Aggregats WTA bedeuten diese Drücke keine zusätzlichen Anforderung in Bezug auf die Festigkeit. Allerdings müssen die äußeren Bauteile der Kapselung diesen Anforderungen genügen. Für bestimmte inerte Arbeitsmedien wie CO<sub>2</sub> bedeuten diese Drücke allerdings, dass sie sich "links" ihrer Inversionslinie befinden. Damit ändern sich ihre Stoffeigenschaften. Bei Kompression kühlen sie sich ab, bei Ex-

pansion tritt eine Erwärmung ein.

**[0050]** Wird das beschriebene Wärme-Transfer-Aggregat mit einem Basisdruck von beispielsweise 300 bar in einem Kreisprozess betrieben, so kehren sich ihre Eigenschaften so um, dass bei Kompression des Arbeitsmediums im unteren Arbeitsvolumen eine Abkühlung erfolgt, über den Verbindungskanal 5 wird Umgebungswärme aufgenommen, die nach erfolgter Expansion im oberen Arbeitsvolumen über den Verbindungskanal 4 als Nutzwärme abgegeben wird. Wenn die elektrodynamischen Einheit EDE als Startergenerator betrieben wird, erfolgt nach der Motor-Phase im Generatorbetrieb eine Abgabe elektrischer Energie.

**[0051]** Betrachtet man die Umgebung des Wärme-Transfer-Aggregats und das Wärme-Transfer-Aggregat als Gesamtsystem, so ergibt sich in der Energiebilanz, dass alle zugeführten und abgeführten Energiemengen im Gleichgewicht stehen. Das Wärme-Transfer-Aggregat arbeitet als Kraftmaschine, allerdings muss es ähnlich einer Verbrennungskraftmaschine durch ein Anlaspagggregat gestartet werden. Die von der elektrodynamischen Einheit EDE abgegebene Energie muss auch zur aktiven Abfuhr der Wärme am Verbindungskanal 4 eingesetzt werden entsprechend den Gesetzen der Thermodynamik. Die thermodynamische Kreisprozess-Analyse anhand der Zustandsdiagramme für beispielsweise CO<sub>2</sub> zeigt, dass nach Abdeckung aller Energiebeträge für innere mechanische Reibungen und aktive Wärmezufuhr- und -abfuhrarbeiten an den Verbindungskanälen 5 und 4 ein positiver Betrag an der elektrodynamischen Einheit EDE verbleibt, der aus der Hermetik-Kapselung als elektrische Last herausgeführt werden und danach wieder als Wärmeäquivalent der Umgebung zugeführt werden muss.

**[0052]** In Figur 6 wird in einem weiteren Ausführungsbeispiel eine Anordnung gezeigt, welche zur Steigerung der Leistung beiträgt. Hierzu wird zwischen dem Verbindungskanal 4 und dem Verbindungskanal 5 ein Wärmerohr 15 angeordnet. Am Verbindungskanal 4 ist hierzu ein Anschluss 41 und am Verbindungskanal 5 ein Anschluss 51 für das Wärmerohr 15 vorgesehen. Das Wärmerohr 15 transportiert auf kleiner Querschnittsfläche Wärme vom Anschluss 51 des Verbindungskanals 5 zum Anschluss 41 des Verbindungskanals 4 und kann in verschiedenen Bauformen, beispielsweise in Form einer Heatpipe oder eines Zwei-Phasen-Thermosiphon, eingesetzt werden. Die Funktion wird nachfolgend erläutert. Am Verbindungskanal 5 wird durch das Wärmerohr 15 Wärme abgeführt, was die Kühlung unterstützt, und am Verbindungskanal 4 wird Wärme zugeführt, was entweder den Wärmeeintrag in das Wärme-Transfer-Aggregat unterstützt (Stirling) oder in die Wärmeabfuhr geht (Kühlprozess).

**[0053]** Die Umgebung des Wärme-Transfer-Aggregats besteht aus einem Wärmequellen-Wärmesenken-System mit externen Wärmequellen, beispielsweise Motorabwärme, und Wärmesenken, beispielsweise eine Raumbeheizung. Es wird Wärmeenergie zwischen den

Wärmequellen und Wärmesenken transferiert sowie ein mit dem Transferprozess bilanzierender resultierender Energiebetrag durch eine EDE über eine externe energetische Anwendung dem Wärmequellen-Wärmesenken-System entnommen oder zugeführt.

## Bezugszeichen

### [0054]

KKM1	erste Kreiskolbenmaschine
KKM2	zweite Kreiskolbenmaschine
EDE	elektrodynamische Einheit
WTA	Wärme-Transfer-Aggregat
1a	Gehäuse der KKM1
1b	Gehäuse der KKM2
2a	Zweieck-Kolben der KKM1
A1, B1	Spitzen des Zweieck-Kolbens 2a
2b	Zweieck-Kolben der KKM2
A2, B2	Spitzen des Zweieck-Kolbens 2b
3	Welle
4	Verbindungskanal
41	Anschluss für das Wärmerohr 15 an den Verbindungskanal 4
5	Verbindungskanal
51	Anschluss für das Wärmerohr 15 an den Verbindungskanal 5
6a	linker Seitendeckel der KKM1
6b	rechter Seitendeckel der KKM1
6c	linker Seitendeckel der KKM2
6d	rechter Seitendeckel der KKM2
7a	Öffnung im Seitendeckel 6b
7b	Öffnung im Seitendeckel 6c
8a	Öffnung im Seitendeckel 6a
8b	Öffnung im Seitendeckel 6d
9	Druckgehäuse der elektrodynamischen Einheit EDE
10	Stator
11	Rotor
12	seitlicher Abschlussdeckel
13	druckdichter Abschlussdeckel
14	Ventil
15	Wärmerohr
31a	Exzenter (KKM1)
31b	Exzenter (KKM2)

## Patentansprüche

- Wärme-Transfer-Aggregat bestehend aus zwei miteinander über Verbindungskanäle (4, 5) und einer gemeinsamen Welle (3) verbundenen Kreiskolbenmaschinen (KKM1, KKM2) mit einbogigen Trochoiden und um 90 Grad gegeneinander versetzten Zweieck-Kolben (2a, 2b) mit jeweils zwei Kolbenspitzen (A1, B1; A2, B2), wobei die Verbindungskanäle



- (4, 5) über vier Öffnungen (7a, 7b, 8a, 8b) in vier Seitendeckeln (6a, 6b, 6c, 6d) der Kreiskolbenmaschinen (KKM1, KKM2) einen Wechsel des Arbeitsmediums ermöglichen **dadurch gekennzeichnet, dass** jeweils nur eine Öffnung (7a, 7b, 8a, 8b) in jeweils einem Seitendeckel (6a, 6b, 6c, 6d) in der Art angeordnet ist, dass die vorbeilaufenden Kolbenspitzen (A1, B1; A2, B2) als Steuerorgane für das Öffnen und Schließen der Öffnungen (7a, 7b, 8a, 8b) für den Wechsel des Arbeitsmediums zwischen den Kreiskolbenmaschinen (KKM1, KKM2) im thermodynamischen Arbeitsprozess abdichtend wirken, und dass eine elektrodynamische Einheit (EDE) auf einer Seite der gemeinsamen Welle (3) angeordnet ist.
2. Wärme-Transfer-Aggregat nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** jeweils zwei Öffnungen (7a, 8a; 7b, 8b) einer Kreiskolbenmaschine (KKM1; KKM2) sich, schematisch gesehen, diagonal in einem Winkel von 45 Grad zu einer gedachten Hauptachse der einbogigen Trochoide gegenüber liegen und die Anordnung aller Öffnungen (7a, 8a, 7b, 8b) beider Kreiskolbenmaschinen (KKM1, KKM2) als ein schematisch gesehenes Kreuz mit zwei um 90 Grad versetzten Achsen angeordnet sind.
  3. Wärme-Transfer-Aggregat nach Anspruch 1 oder 2 **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer Arbeitsstellung des ersten Zweieck-Kolbens (2a) in einem Winkel von 45 Grad und des zweiten Zweieck-Kolbens (2b) in einem Winkel von -45 Grad zu der gedachten Hauptachse der einbogigen Trochoide alle Öffnungen (7a, 7b, 8a, 8b) in den Seitendeckeln (6a, 6b, 6c, 6d) durch die Kolbenspitzen (A1, B1; A2, B2) für den Wechsel des Arbeitsmediums zwischen den Kreiskolbenmaschinen (KKM1, KKM2) geschlossen sind.
  4. Wärme-Transfer-Aggregat nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verbindungskanal (4) zwischen der Öffnung (7a) des inneren Seitendeckels (6b) der Kreiskolbenmaschinen (KKM1) zu der Öffnung (7b) des inneren Seitendeckels (6c) der beiden Kreiskolbenmaschinen (KKM2) und der Verbindungskanal (5) von der Öffnung (8a) des äußeren Seitendeckels (6a) der Kreiskolbenmaschine (KKM1) zu der Öffnung (8b) des äußeren Seitendeckels (6d) der Kreiskolbenmaschine (KKM2) angeordnet sind.
  5. Wärme-Transfer-Aggregat nach Anspruch 1 oder 4 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungskanäle (4, 5) rohrförmig sind.
  6. Wärme-Transfer-Aggregat nach Anspruch 1, 4 oder 5 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungskanäle (4, 5) mit Wärmeübertragern verbunden sind.
  7. Wärme-Transfer-Aggregat nach Anspruch 1, 4, 5 oder 6 **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen den Verbindungskanälen (4, 5) eine Verbindungsleitung mit einem Ventil (14) für einen Druckausgleich beim Befüllen, Anfahren oder Abstellen des Aggregats angeordnet ist.
  8. Wärme-Transfer-Aggregat nach Anspruch 1, 4, 5 oder 6 **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Verbindungskanal (5) und dem Verbindungskanal (4) ein Wärmerohr (15) angeordnet ist, welcher eine Abfuhr von Wärme am Verbindungskanal (5) und eine Zufuhr von Wärme am Verbindungskanal (4) unterstützt.
  9. Wärme-Transfer-Aggregat nach einem der vorherigen Ansprüche 1 bis 8 **dadurch gekennzeichnet, dass** es als ein hermetisch abgeschlossenes Drucksystem aufgebaut ist, in dem alle einzelnen Gehäuseteile der zwei Kreiskolbenmaschinen (KKM1, KKM2) und der elektrodynamischen Einheit (EDE) selbst Teil einer gemeinsamen Hermetik-Kapselung sind.
  10. Verfahren zur Durchführung thermodynamischer Kreisprozesse mittels eines Wärme-Transfer-Aggregats unter Nutzung von zwei miteinander über eine gemeinsamen Welle (3) verbundenen Kreiskolbenmaschinen (KKM1, KKM2) mit einbogigen Trochoiden und um 90 Grad gegeneinander versetzten Zweieck-Kolben (2a, 2b) **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem hermetisch abgeschlossenen Drucksystem jede der Kreiskolbenmaschinen (KKM1, KKM2) für sich und mittels ihrer mechanischen Kopplung gemeinsam durch mechanische Kompression und Expansion ein in beiden Kreiskolbenmaschinen (KKM1, KKM2) zirkulierendes, abgeschlossenes Arbeitsmedium nutzt, um Wärmeenergie zwischen Wärmequellen und Wärmesenken, welche ein Wärmequellen-Wärmesenken-System bilden und mit dem Wärme-Transfer-Aggregat in Verbindung stehen, zu transferieren sowie einen mit dem Transferprozess bilanzierenden resultierenden Energiebetrag durch eine, mit den Kreiskolbenmaschinen (KKM1, KKM2) über die gemeinsame Welle (3) verbundene elektrodynamische Einheit (EDE) dem Wärmequellen-Wärmesenken-System entnimmt oder zuführt.
  11. Verfahren nach Anspruch 10 **dadurch gekennzeichnet, dass** das Arbeitsmedium zwischen den Kreiskolbenmaschinen (KKM1, KKM2) mit wechselnden Drücken um einen mittleren Druck des hermetisch abgeschlossenen Drucksystems zirkuliert.

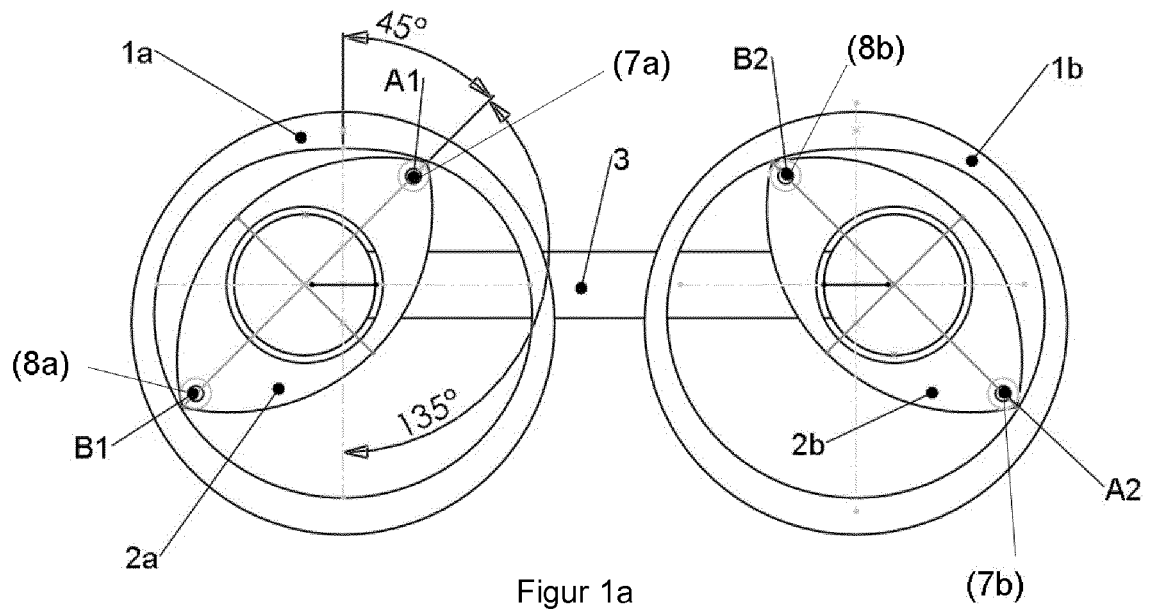
12. Verfahren nach Anspruch 10 **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrodynamische Einheit (EDE) als Motor, Generator oder Startergenerator arbeitet.
13. Verfahren nach Anspruch 10 **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen beiden Kreiskolbenmaschinen (KKM1, KKM2) angeordnete Verbindungskanäle (4, 5) über ein Wärmerohr (15) Wärme austauschen in der Art, dass der Verbindungskanal (5) Wärme abführt und dem Verbindungskanal (4) Wärme zugeführt wird.

#### Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

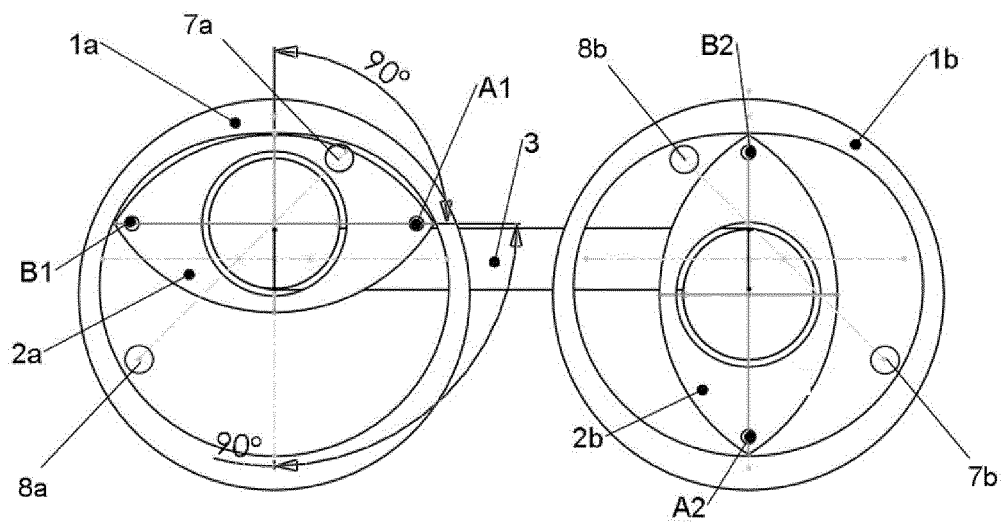
1. Wärme-Transfer-Aggregat bestehend aus zwei miteinander über Verbindungskanäle (4, 5) und einer gemeinsamen Welle (3) verbundenen Kreiskolbenmaschinen (KKM1, KKM2) mit einbogigen Trochoiden und um 90 Grad gegeneinander versetzten Zweieck-Kolben (2a, 2b) mit jeweils zwei Kolbenspitzen (A1, B1; A2, B2), wobei die Verbindungskanäle (4, 5) über vier Öffnungen (7a, 7b, 8a, 8b) in vier Seitendeckeln (6a, 6b, 6c, 6d) der Kreiskolbenmaschinen (KKM1, KKM2) einen Wechsel des Arbeitsmediums ermöglichen, und umfassend eine elektrodynamische Einheit (EDE) auf einer Seite der gemeinsamen Welle (3), **dadurch gekennzeichnet, dass** jeweils nur eine Öffnung (7a, 7b, 8a, 8b) in jeweils einem Seitendeckel (6a, 6b, 6c, 6d) in der Art angeordnet ist, dass die vorbeilaufenden Kolbenspitzen (A1, B1; A2, B2) als Steuerorgane für das Öffnen und Schließen der Öffnungen (7a, 7b, 8a, 8b) für den Wechsel des Arbeitsmediums zwischen den Kreiskolbenmaschinen (KKM1, KKM2) im thermodynamischen Arbeitsprozess abdichtend wirken, und dass alle Gehäuseteile der zwei Kreiskolbenmaschinen (KKM1, KKM2) und der elektrodynamischen Einheit (EDE) einen Teil einer hermetischen Kapselung für ein abgeschlossenes Drucksystem bilden.
2. Wärme-Transfer-Aggregat nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** jeweils zwei Öffnungen (7a, 8a; 7b, 8b) einer Kreiskolbenmaschine (KKM1; KKM2) sich, schematisch gesehen, diagonal in einem Winkel von 45 Grad zu einer gedachten Hauptachse der einbogigen Trochoide gegenüber liegen und die Anordnung aller Öffnungen (7a, 8a, 7b, 8b) beider Kreiskolbenmaschinen (KKM1, KKM2) als ein schematisch gesehenes Kreuz mit zwei um 90 Grad versetzten Achsen angeordnet sind.
3. Wärme-Transfer-Aggregat nach Anspruch 1 oder 2 **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer Arbeits-

stellung des ersten Zweieck-Kolbens (2a) in einem Winkel von 45 Grad und des zweiten Zweieck-Kolbens (2b) in einem Winkel von -45 Grad zu der gedachten Hauptachse der einbogigen Trochoide alle Öffnungen (7a, 7b, 8a, 8b) in den Seitendeckeln (6a, 6b, 6c, 6d) durch die Kolbenspitzen (A1, B1; A2, B2) für den Wechsel des Arbeitsmediums zwischen den Kreiskolbenmaschinen (KKM1, KKM2) geschlossen sind.

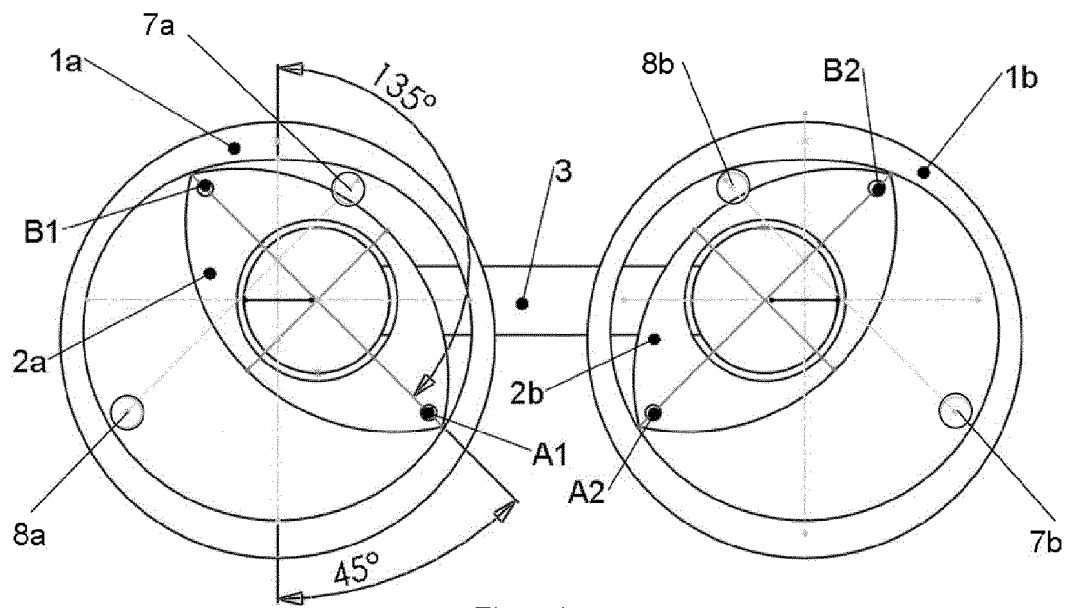
4. Wärme-Transfer-Aggregat nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verbindungskanal (4) zwischen der Öffnung (7a) des inneren Seitendeckels (6b) der Kreiskolbenmaschinen (KKM1) zu der Öffnung (7b) des inneren Seitendeckels (6c) der beiden Kreiskolbenmaschinen (KKM2) und der Verbindungskanal (5) von der Öffnung (8a) des äußeren Seitendeckels (6a) der Kreiskolbenmaschine (KKM1) zu der Öffnung (8b) des äußeren Seitendeckels (6d) der Kreiskolbenmaschine (KKM2) angeordnet sind.
5. Wärme-Transfer-Aggregat nach Anspruch 1 oder 4 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungskanäle (4, 5) rohrförmig sind.
6. Wärme-Transfer-Aggregat nach Anspruch 1, 4 oder 5 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungskanäle (4, 5) mit Wärmeübertragern verbunden sind.
7. Wärme-Transfer-Aggregat nach Anspruch 1, 4, 5 oder 6 **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen den Verbindungskanälen (4, 5) eine Verbindungsleitung mit einem Ventil (14) für einen Druckausgleich beim Befüllen, Anfahren oder Abstellen des Aggregats angeordnet ist.
8. Wärme-Transfer-Aggregat nach Anspruch 1, 4, 5 oder 6 **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Verbindungskanal (5) und dem Verbindungskanal (4) ein Wärmerohr (15) angeordnet ist, welches eine Abfuhr von Wärme am Verbindungskanal (5) und eine Zufuhr von Wärme am Verbindungskanal (4) unterstützt.



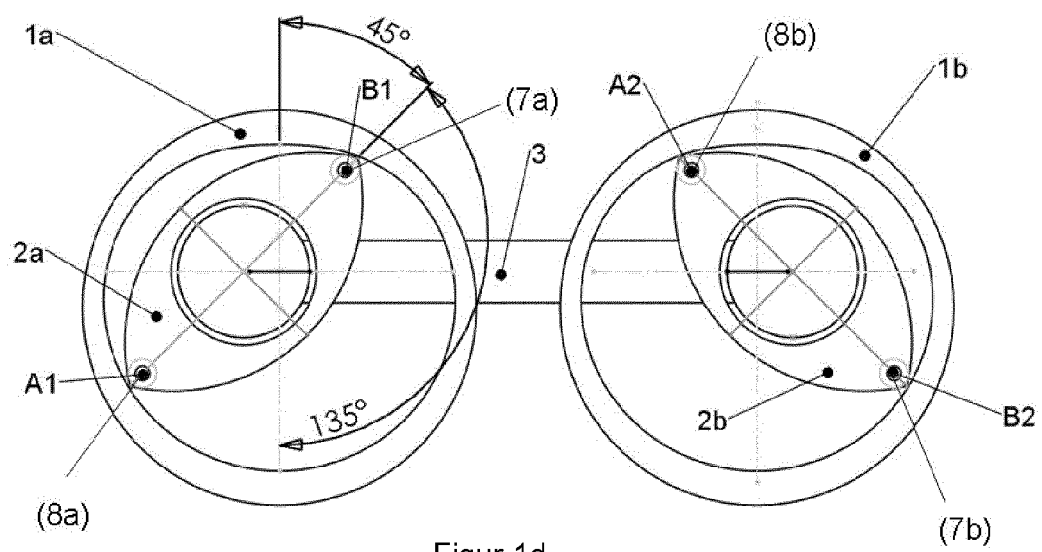
Figur 1a



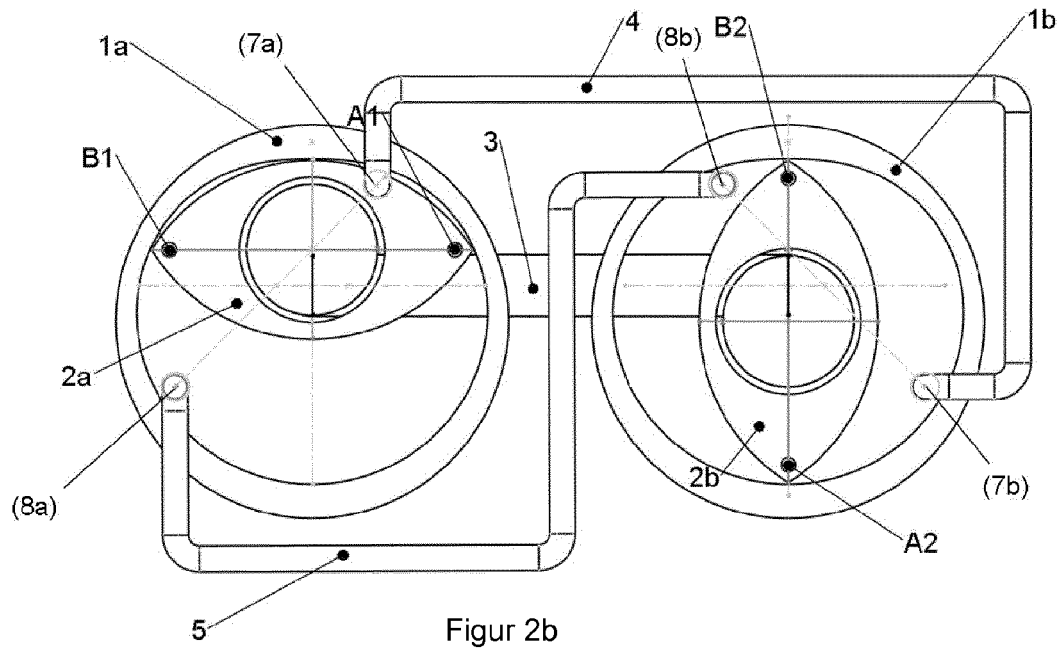
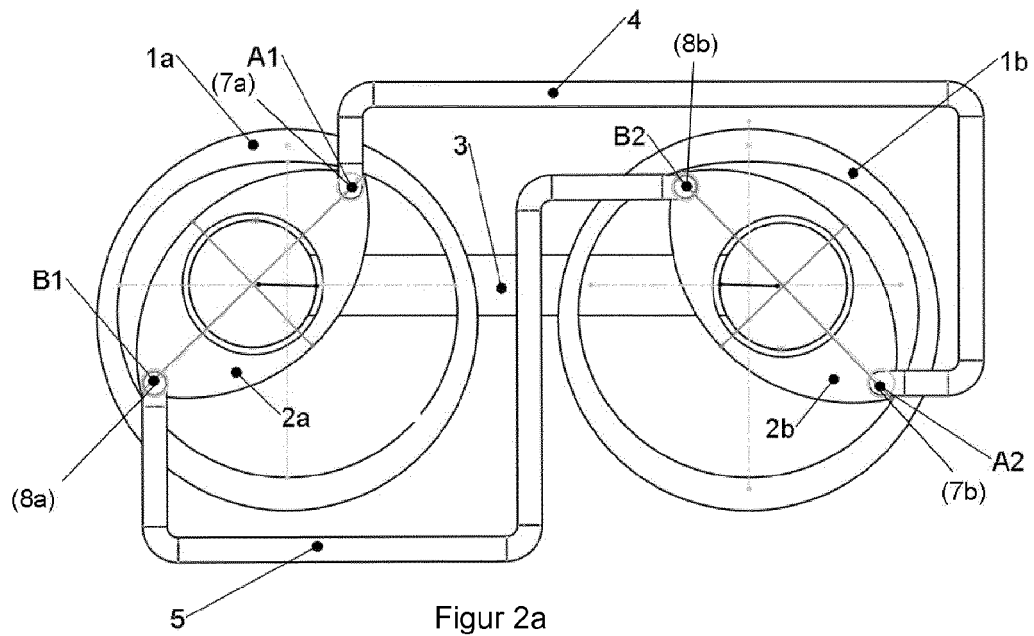
Figur 1b

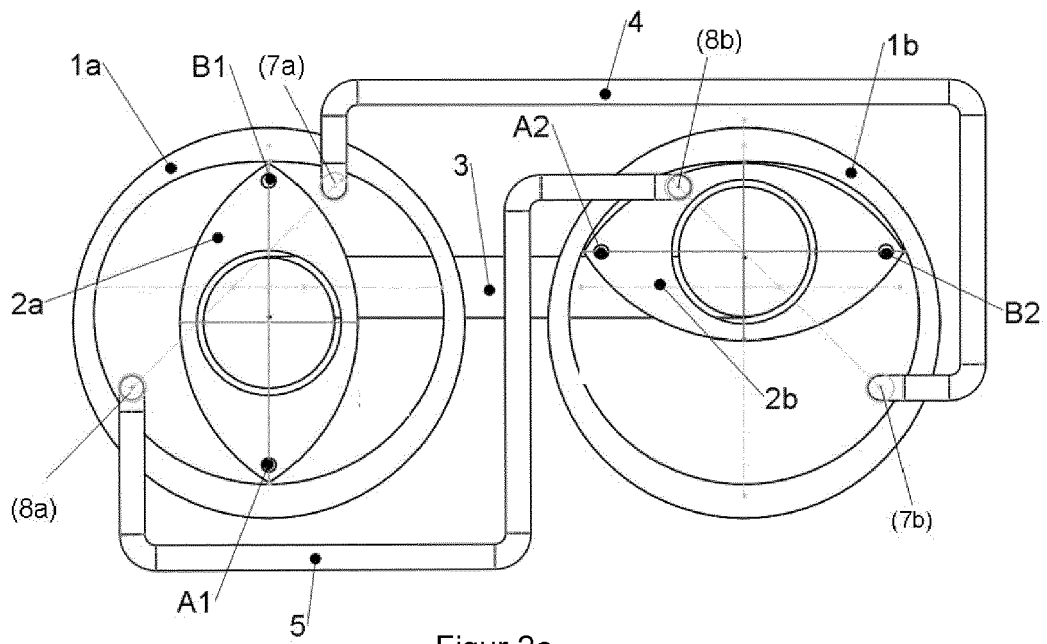


Figur 1c

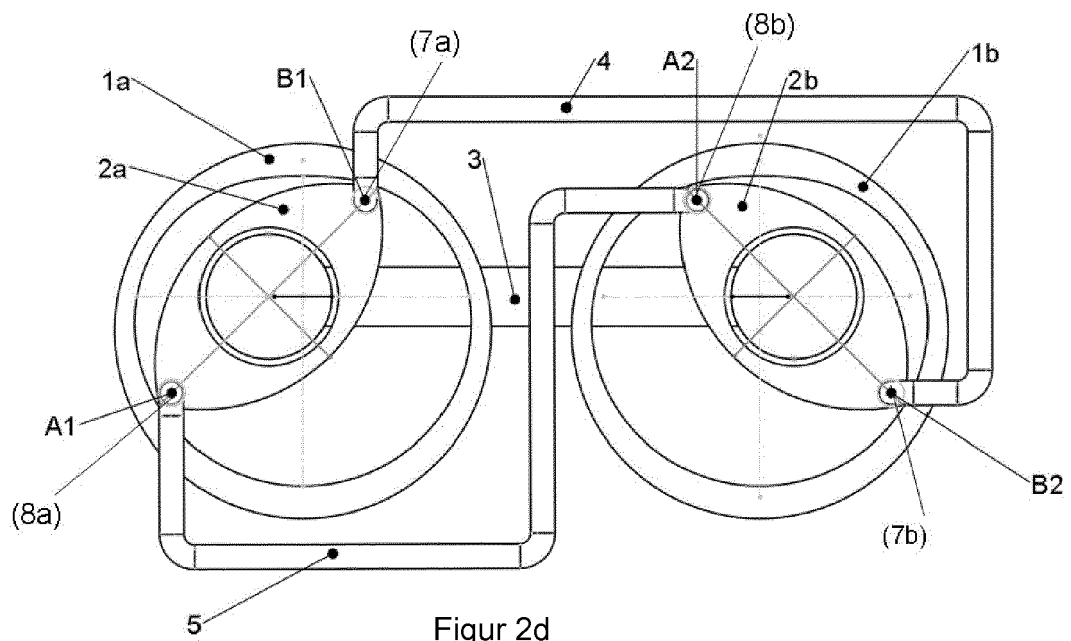


Figur 1d

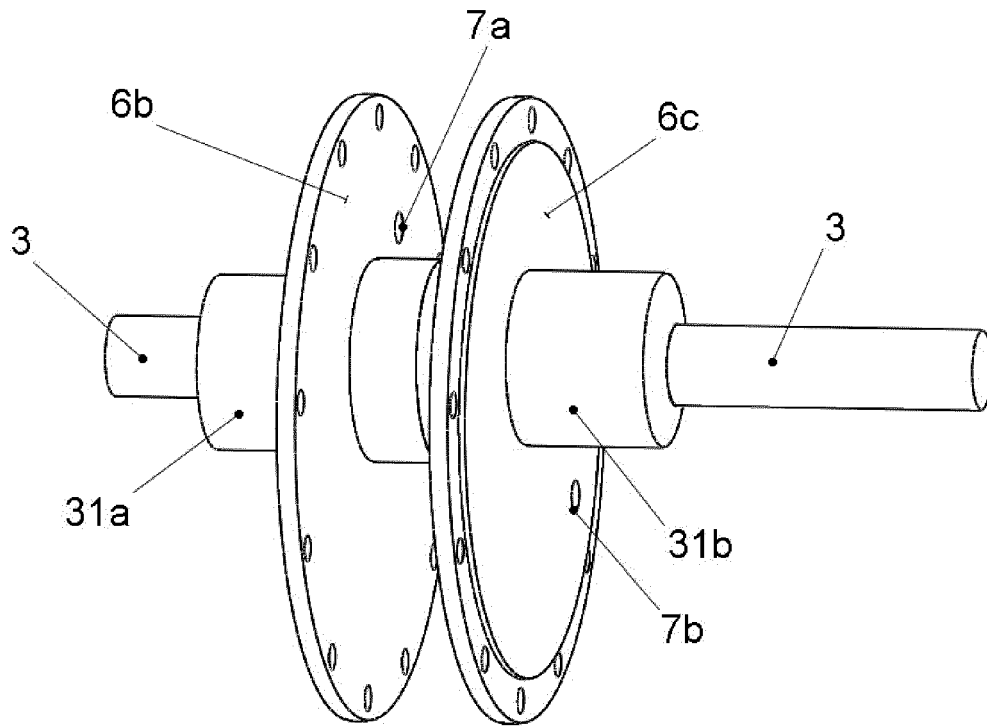




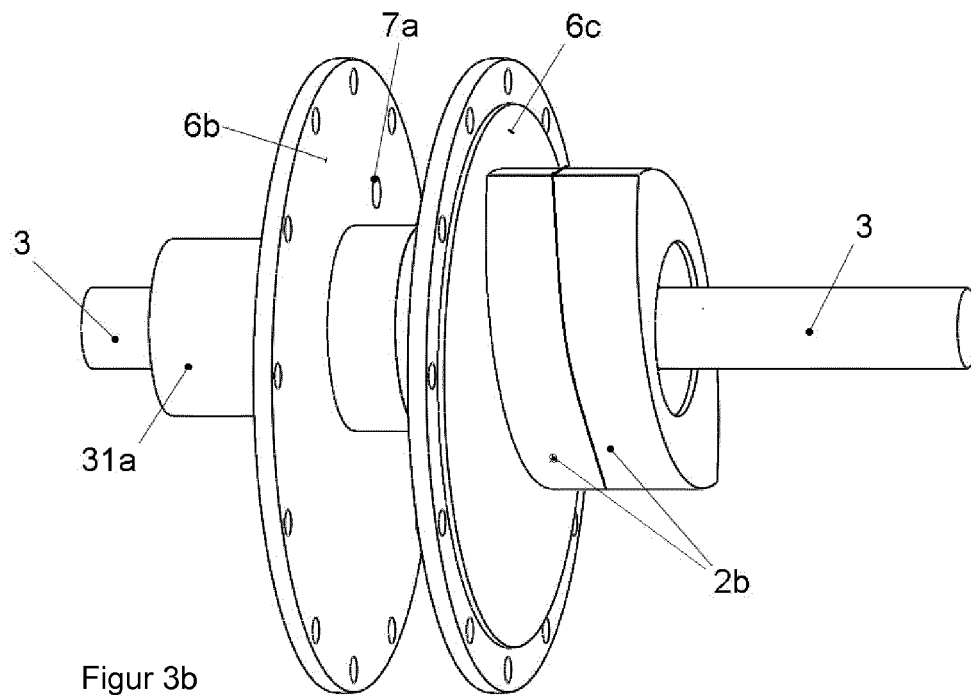
Figur 2c



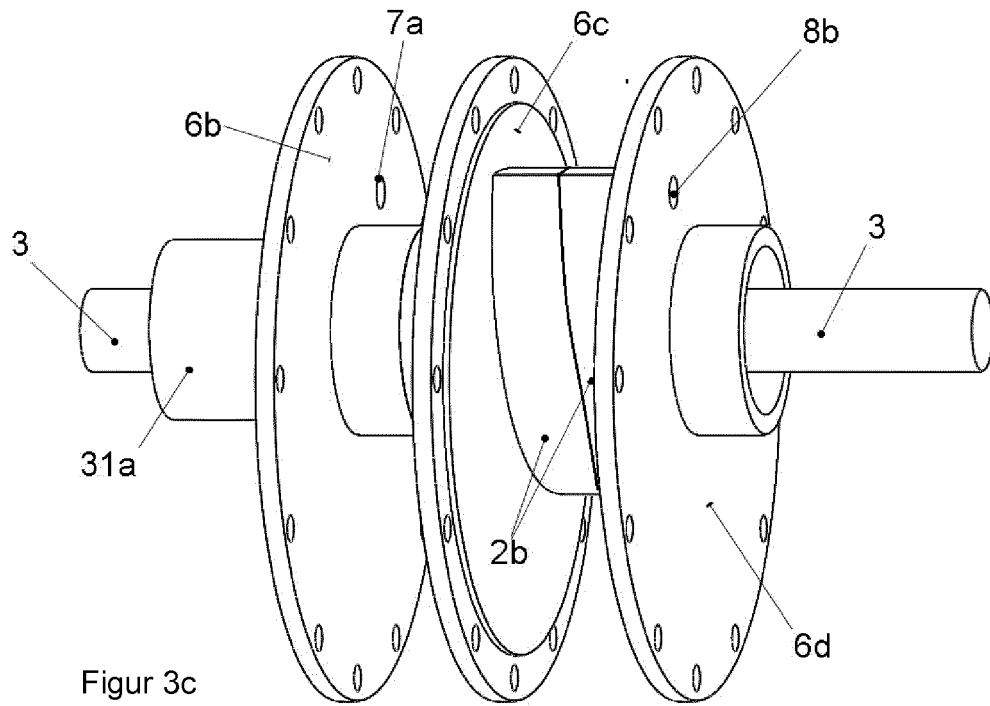
Figur 2d



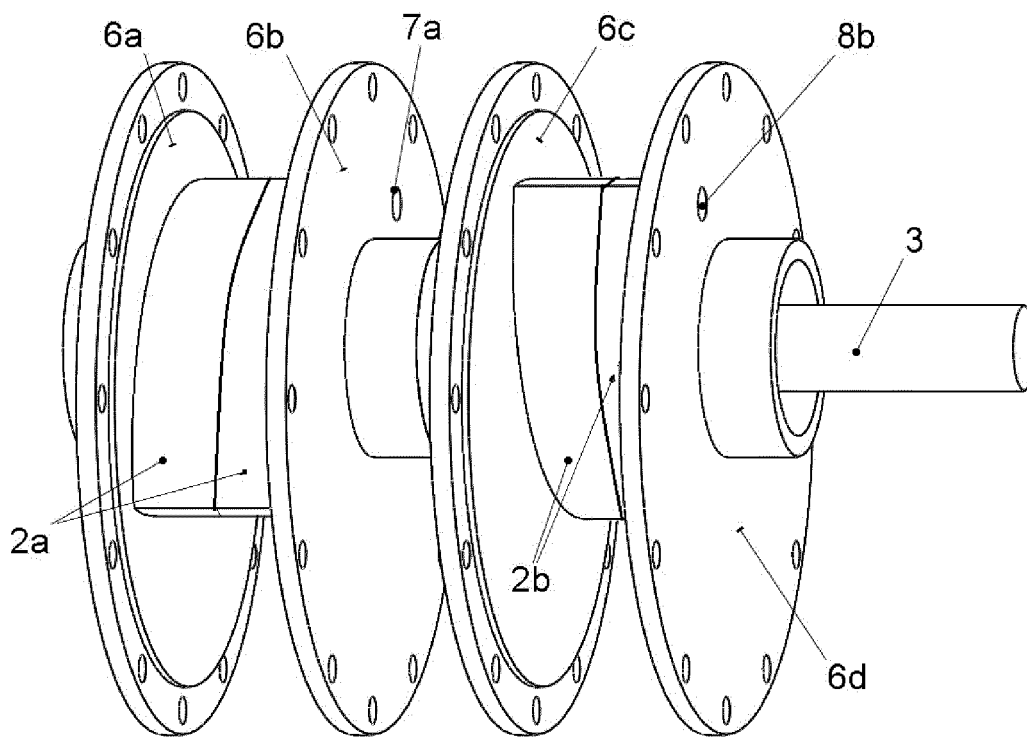
Figur 3a



Figur 3b

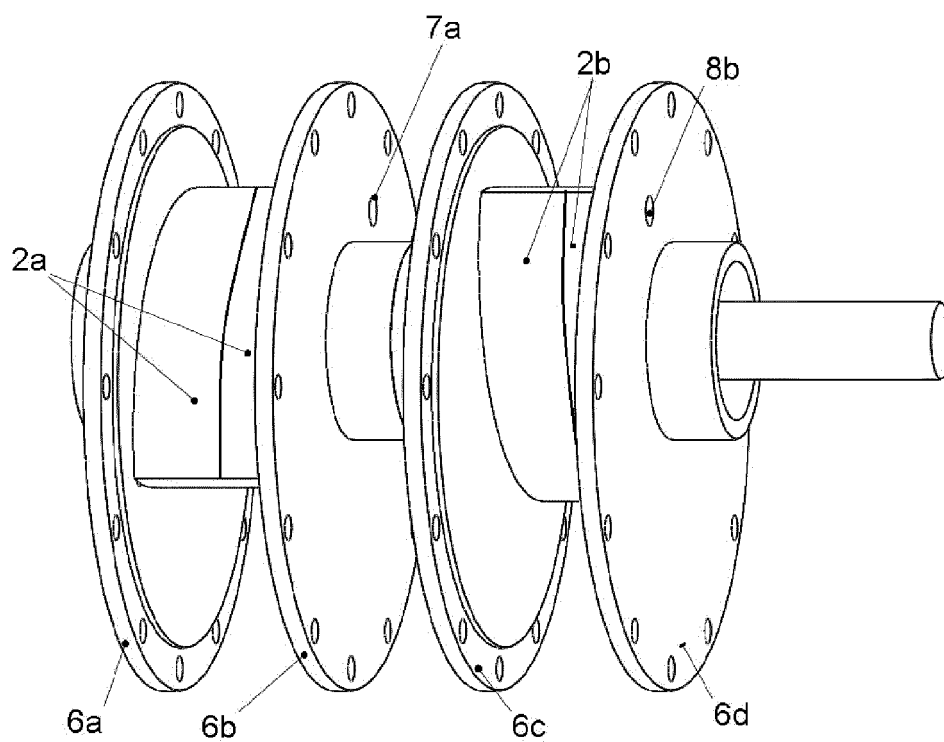


Figur 3c

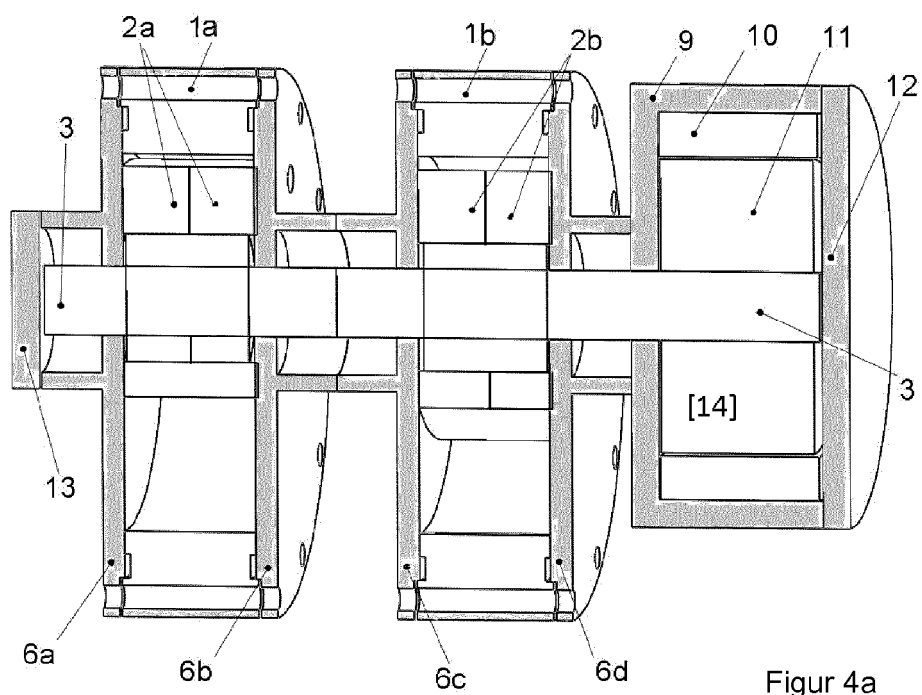


Figur 3d

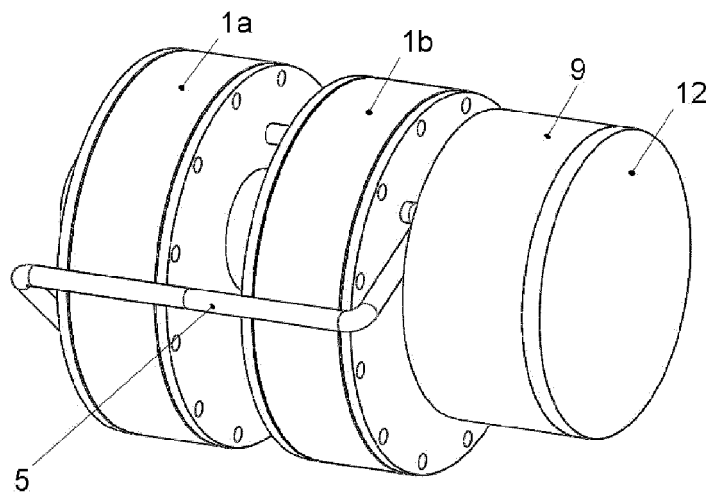




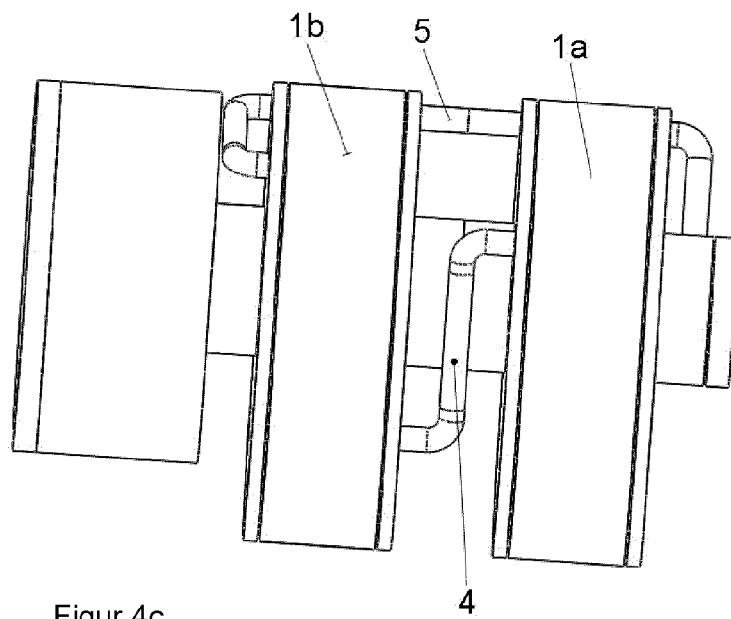
Figur 3f



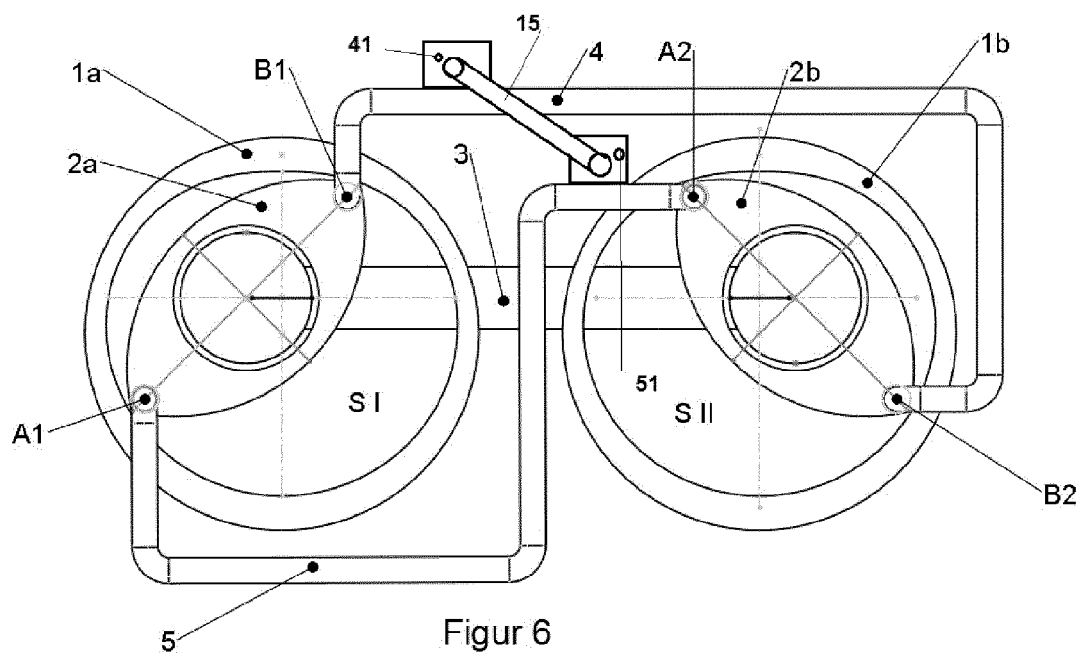
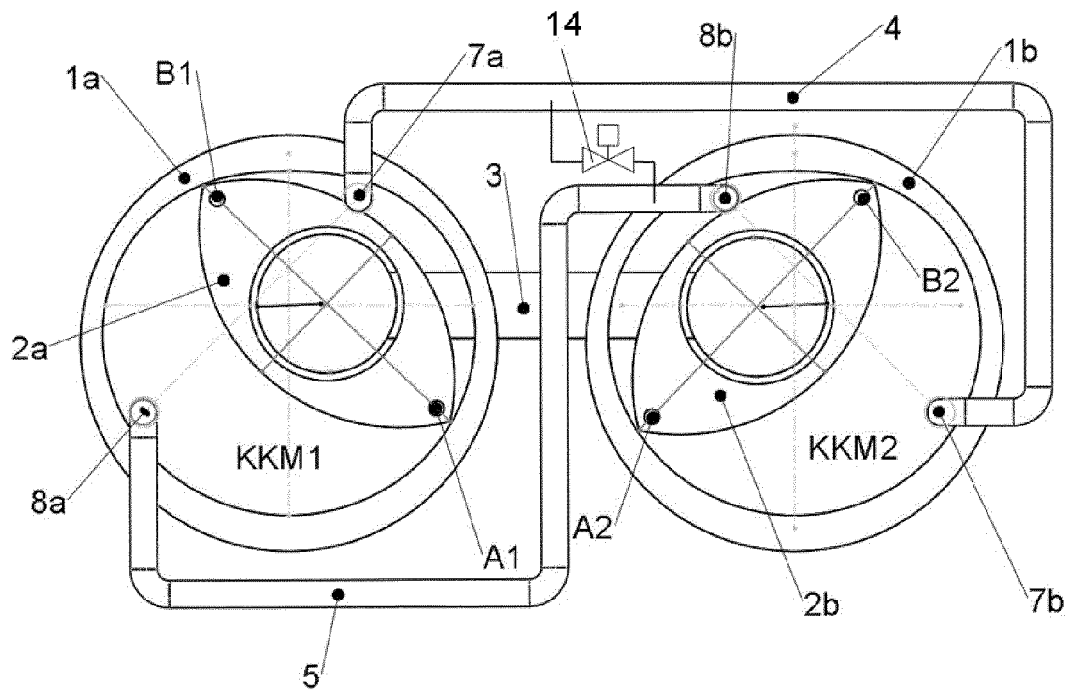
Figur 4a



Figur 4b



Figur 4c





## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 15 17 0474

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2007 028181 A1 (GUENTHER EGGERT [DE]) 24. Dezember 2008 (2008-12-24)	10-12	INV.
A	* Zusammenfassung *	1	F02G1/043
	* Abbildung 1 *		F01C1/22
	-----		F01C11/00
A	EP 2 765 280 A2 (EN3 GMBH [DE]) 13. August 2014 (2014-08-13)	1	
	* Abbildungen *		
	-----		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F02G
			F01C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>Den Haag</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>6. November 2015</b>	Prüfer <b>Matray, J</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 15 17 0474

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

06-11-2015

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 102007028181 A1	24-12-2008	KEINE	
15	EP 2765280 A2	13-08-2014	DE 102013101216 A1 EP 2765280 A2	07-08-2014 13-08-2014
20				
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- US 5335497 A **[0003]**
- US 4179890 A **[0004]**
- US 5211017 A **[0004]**
- US 5317996 A **[0005]**
- EP 1075595 B1 **[0006]** **[0010]**
- DE 3333586 A1 **[0007]**
- WO 2008065017 A1 **[0010]**