



(11) **EP 3 497 316 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**03.03.2021 Patentblatt 2021/09**

(51) Int Cl.:  
**F02G 1/043<sup>(2006.01)</sup> F02G 1/05<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **17754060.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/DE2017/100593**

(22) Anmeldetag: **18.07.2017**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2018/028735 (15.02.2018 Gazette 2018/07)**

(54) **WÄRMEZYKLUSMASCHINE**  
HEAT CYCLE MACHINE  
MACHINE À CYCLE DE CHALEUR

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

(30) Priorität: **10.08.2016 DE 102016114788**  
**17.11.2016 DE 102016122156**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**19.06.2019 Patentblatt 2019/25**

(73) Patentinhaber: **Kiffner, Yves-Michael**  
**01277 Dresden (DE)**

(72) Erfinder: **Kiffner, Yves-Michael**  
**01277 Dresden (DE)**

(74) Vertreter: **Kaufmann, Sigfrid**  
**Kaufmann**  
**Patent- und Rechtsanwälte**  
**Loschwitzer Straße 42**  
**01309 Dresden (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A2- 2 037 113 WO-A1-2012/017849**  
**US-A1- 2007 234 719**

**EP 3 497 316 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine nach dem Stirling-Kreisprozess arbeitende Wärmekraftmaschine mit Multivalenzcharakter, d. h. Nutzung unterschiedlicher Energiequellen (Sonne, Verbrennung vorhandener Materialien), zur Erzeugung von elektrischem Strom und Wärme, die speziell als unabhängige Energieversorgung von Haushalten, insbesondere als Insellösung, geeignet ist.

**[0002]** Aus dem Stand der Technik sind Wärmezyklusmaschinen bekannt, die auf dem Stirlingmotor, der mehr als ein Jahrhundert lang unter Einsatz immer modernerer Werkstoffe weiterentwickelt und optimiert wurde, basieren. Diesen Maschinen gemeinsam ist das Prinzip der Kreisprozessarbeit, wie sie durch Gustav Schmidt in den 1870er Jahren unter Berücksichtigung von Totvolumen, verschiedener Ladedrücke, diverser Temperaturunterschiede, Laufgeschwindigkeiten u.v.a.m. vorausberechnet wurde.

**[0003]** Der bekannte Aufbau von Stirlingmotoren, bei dem Verdränger- und Arbeitskolben mechanisch, z. B. mittels eines Gestänges, gekoppelt werden, wurde dabei weitestgehend beibehalten. Eine Ausnahme hiervon bilden der Ringbom-Motor und die neuesten Niedrigtemperatur-Stirlingmotoren.

**[0004]** Die Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Arbeit unter Verwendung von Kolben zieht zwangsläufig eine zyklische Beschleunigung und Abbremsung der Kolbenmasse nach sich, wodurch der Wirkungsgrad reduziert wird. Die DE 10 2008 048 633 B4 und DE 10 2008 048 639 B4 beschreiben ein kolbenloses System, das nach dem Stirlingprinzip arbeitet, wobei zwei Kammern, die abwechselnd gekühlt und erwärmt werden, jeweils über eine Fluidleitung mit einer von dem zwischen den beiden Kammern hin und her strömenden Arbeitsgas angetriebenen Turbine verbunden sind.

**[0005]** Aus EP 2 037 113 A2 ist weiterhin eine Wärmekraftmaschine mit zwei Verdrängerkolben in zwei Kammern mit je unterschiedlich temperierten Seiten bekannt, die ein Arbeitsgas zu einem Kolben einer Arbeitsmaschine fördern. Beide nebeneinander angeordnete Kammern besitzen einen doppelwandigen Aufbau mit darin zirkulierenden Kühl- bzw. Heizmedien. Die vertikal bewegten Verdrängerkolben sind - beispielsweise mittels einer Steuerkette - gekoppelt.

**[0006]** Ein weiteres Problem von insbesondere unter Ladedruck arbeitenden Wärmezyklusmaschinen ist deren Dichtigkeit, da aufgrund ihres Konstruktionsprinzips ständig das Arbeitsgas (meist Helium) entweicht und somit entsprechend nachgefüllt werden muss. Das Drehmoment, das letztlich in elektrische oder mechanische Antriebsleistung zu wandeln ist, wird nämlich außerhalb der eigentlichen Maschine über einen auf der Arbeitswelle angebrachten Generator, Pumpe o.ä. abgenommen, d. h., die ständig rotierende Welle muss an der Durchtrittsöffnung, an der sie aus dem Maschinengehäuse geführt wird, heliumdicht abgedichtet werden. Einzige Ausnahme ist hier die Nutzung eines Lineargenerators

zur Stromerzeugung, der direkt in die Wandung eines Arbeitszylinders eingebracht wird, wobei hier jedoch wieder bewegte Kolben zum Einsatz kommen.

**[0007]** Um einen nennenswerten Anteil an mechanischer Energie zu erzielen, sind ein hohes Temperaturgefälle, hohe Ladedrücke und daraus resultierende hohe Ansprüche an die Materialien erforderlich, die ihrerseits nicht geschmiert werden können. Entsprechend hoch sind die Kosten für eine Maschine, die meist fest an eine dedizierte Energiequelle montiert ist, um optimiert eingestellt zu sein.

**[0008]** Aufgabe der Erfindung ist, eine kostengünstige, langlebige und wartungsarme Wärmezyklusmaschine für z. B. die Energieversorgung eines Haushaltes bereitzustellen, mit welcher eine effiziente Umwandlung von Wärme aus einer beliebigen externen Wärmequelle ermöglicht sein soll, wobei ein allmählicher Leckageverlust von Arbeitsgas vermieden werden soll.

**[0009]** Die Aufgabe wird durch eine Wärmezyklusmaschine mit den kennzeichnenden Merkmalen nach Patentanspruch 1 gelöst; zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung finden sich in den Unteransprüchen.

**[0010]** Gemäß der Erfindung wird für eine dezentrale Energieversorgung eine hermetisch dichte Wärmezyklusmaschine mit zwei, als geteilte Doppelwandgefäße ausgeführten Kammern (d. h. Verdrängerzylinder), deren Doppelwand jeweils von heißem Öl bzw. kaltem Wasser durchströmt wird, zwei gegenläufig arbeitenden Verdrängern und einem radial durchströmten Arbeitsrotor bereitgestellt, wobei alle bewegten Teile in einem abgeschlossenen, insbesondere hermetisch dichten, Gehäuse angeordnet sind.

**[0011]** Die Wärmezyklusmaschine weist in grundsätzlich bekannter Weise eine Kammeranordnung auf, die zwei zylinderförmige Kammern mit im Wesentlichen identischem Fassungsvermögen umfasst. Jede der Kammern ist von einem aus zwei, thermisch gegeneinander isolierten Teilgehäusen aufgebauten, doppelwandigen Kammergehäuse, jeweils umfassend eine innere und eine äußere Gehäusewand, umschlossen. Durch die inneren und die äußeren Teilgehäusewände ist jeweils ein Hohlraum gebildet, der von einem Wärmefluid durchströmbar ist. Hierzu weist jedes der Teilgehäuse in seiner äußeren Gehäusewand einen Wärmefluideneingang zur Einleitung eines Wärmefluids in den zwischen der inneren und der äußeren Teilgehäusewand ausgebildeten Hohlraum sowie einen Wärmefluidausgang zur Ausleitung des Wärmefluids aus dem Hohlraum auf.

**[0012]** Indem in die Doppelwand des ersten Teilgehäuses ein heißes Wärmefluid (z. B. 300 °C heißes Öl) und in die Doppelwand des zweiten Teilgehäuses ein kaltes Wärmefluid (z. B. Wasser mit einer Temperatur von weniger als 50 °C) eingeleitet werden, sind in der Kammer ein heißer und ein kalter Bereich ausgebildet.

**[0013]** Weiterhin beinhaltet die Wärmezyklusmaschine jeweils eine oder (vorzugsweise) mehrere, mit einem Ventil verschließbare Arbeitsgaszuleitungen von jeder Kammer zu einem den Arbeitsrotor umhausenden Ro-

torgehäuse und Arbeitsgasableitung von dem Rotorgehäuse zu den Kammern, wobei jeweils ein Absperrventil in die Arbeitsgasableitung vor ihrem Eintritt in jede der Kammern eingebracht ist. Diese Arbeitsgasableitung ist in Form eines zwischen den beiden Kammern entlang der Rotationsachse des Arbeitsrotors verlaufenden Hohlzylinders ausgebildet, wobei der Arbeitsrotor drehbar, z. B. mittels Wälzlager, auf der Arbeitsgasableitung gelagert ist. An der Position, an der der Rotor angeordnet ist, sind Durchbrüche in die Arbeitsgasableitung eingebracht, sodass das aus dem Rotor ausströmende Arbeitsgas radial in die Arbeitsgasableitung einströmen kann.

**[0014]** Innerhalb jeder der Kammern ist ein für das Arbeitsgas durchlässiger Verdrängerkolben, dessen Durchmesser kleiner als der Innendurchmesser der Kammer ist, beweglich angeordnet. Vorzugsweise ist hierbei der Durchmesser des Verdrängerkolbens nur geringfügig kleiner als der Kammerinnendurchmesser, um den Strömungsquerschnitt für das an der Kammerinnenwand entlang strömende Arbeitsgas klein zu halten. Die Länge des Verdrängerkolbens entspricht vorzugsweise in etwa der halben Kammerlänge. Somit kann der Verdrängerkolben den heißen bzw. den kalten Bereich innerhalb einer Kammer (nahezu) vollständig ausfüllen, sodass ein in der Kammer befindliches Arbeitsgas in den jeweilig anderen, d. h. den nicht von dem Verdrängerkolben ausgefüllten Bereich, der Kammer hineingedrängt wird.

**[0015]** Erfindungsgemäß sind beide zylinderförmige Kammern durch eine jeweils an einer ihrer Stirnseiten angeordnete, mittels eines Absperrventils verschließbare Hydraulikleitung verbunden. Jeder Verdrängerkolben ist starr mit einem in der Hydraulikleitung beweglich angeordneten Schubkolben verbunden, wobei der Schubkolben dicht mit der Innenwandung der Hydraulikleitung abschließt; sodass er diese gegen die Kammer abdichtet.

**[0016]** Von den Kammern, den Schubkolben, den Arbeitsgaszuleitungen, der Arbeitsgasableitung und dem Rotorgehäuse ist hierbei ein hermetisch dichter Arbeitsgasraum gebildet. Eventuelle Leckagen von Arbeitsgas in die Hydraulikleitung, d. h. an den Schubkolben vorbei, beeinträchtigt die Dichtigkeit nicht, da die Hydraulikleitung nur mit den Kammern verbunden ist.

**[0017]** Die Funktionsweise der Wärmezyklusmaschine ergibt sich wie folgt:

Durch das erste Teilgehäuse jeder Kammer wird ein von einer externen Wärmequelle, z. B. ein Öl- oder Gasbrenner, ein Holzvergaser oder eine solare Parabolrinne, erhitztes Wärme fluid, durch das zweite Teilgehäuse ein kaltes, d. h. als Kühlmittel wirkendes, Wärme fluid durchgeleitet. Somit bilden sich in jeder Kammer ein heißer und ein kalter Bereich aus.

**[0018]** Die Verdrängerkolben pendeln in den Kammern zwischen diesen beiden Bereichen, d. h. zwischen heißem und kaltem Bereich, hin und her, wobei sich der eine Verdrängerkolben in seiner Kammer z. B. im heißen

Bereich und der andere Verdrängerkolben zur selben Zeit in seiner Kammer im kalten Bereich befindet. Durch die Kopplung über Hydraulikleitung und Schubkolben bewegen sich die Verdrängerkolben nahezu gleichzeitig in den jeweils anderen Bereich ihrer Kammer, wobei durch Schließen und Öffnen des Absperrventils in der Hydraulikleitung eine gewisse Zeitverzögerung bis zum Verschieben der einzelnen Verdrängerkolben ermöglicht ist, d. h., die Verdrängerkolben können erst dann von einem Bereich, z. B. dem heißen Bereich, der Kammer in den anderen Bereich, z. B. kalten Bereich, verschoben werden, wenn das Absperrventils in der Hydraulikleitung geöffnet ist.

**[0019]** Das Arbeitsgas, welches sich im heißen Bereich einer Kammer befindet, wird entsprechend erhitzt und dehnt sich somit aus. Hiermit geht, da das Kammer volumen konstant bleibt, eine Druckerhöhung einher. Durch entsprechendes Öffnen der Ventile der Arbeitsgaszuleitungen von der Kammer in das Arbeitsrotorgehäuse und Schließen des Ventils der Arbeitsgasableitung zu der Kammer strömt das heiße Arbeitsgas - ggf. durch den gasdurchlässigen Verdrängerkolben bzw. zwischen Gehäusewand und Verdrängerkolben vorbei - in das Arbeitsrotorgehäuse, wo es den Arbeitsrotor antreibt, und von dort schließlich in den kalten Bereich der anderen Kammer.

**[0020]** Das erhitzte Arbeitsgas wirkt aber auch auf den Schubkolben und drückt denselben in die Hydraulikleitung. Durch Schließen des Absperrventils in der Hydraulikleitung wird dieser Schubaufbau (vorläufig) jedoch nicht auf den anderen Verdrängerkolben übertragen. Nach einer gewissen Zeit, z. B. wenn der Massestrom des heißen Arbeitsgases zum Antrieb des Arbeitsrotors nachlässt, wird das Absperrventil der Hydraulikleitung geöffnet, sodass beide Verdrängerkolben in den jeweils anderen Bereich ihrer Kammer verschoben werden.

**[0021]** Entsprechend der Bewegung der Verdrängerkolben wird das Arbeitsgas in den Kammern in den jeweils anderen Bereich gedrängt, d. h., das heiße Arbeitsgas wandert in den kalten Bereich und das in der anderen Kammer befindliche kalte Arbeitsgas wandert in den heißen Bereich seiner Kammer. Das noch heiße Arbeitsgas wird beim Durchgang durch den Verdrängerkolben, der aus einem Regeneratormaterial besteht, d. h. er kann Wärmeenergie speichern, abgekühlt, während das (noch kalte) Arbeitsgas in der anderen Kammer beim Durchgang durch den Verdrängerkolben vorgewärmt wird. Im heißen Bereich der Kammer wird das vorgewärmte Arbeitsgas weiter erhitzt, während das Arbeitsgas in der anderen Kammer in deren kaltem Bereich weiter abgekühlt wird.

**[0022]** Somit ändern sich die Druckverhältnisse in den Kammern. In derjenigen Kammer, die zuvor unter hohem Druck stand, sinkt der Gasdruck, während der Gasdruck in der anderen Kammer durch das Erhitzen des Arbeitsgases ansteigt. Nun werden die Ventile der zu dem Rotorgehäuse führenden Arbeitsgaszuleitungen von der Kammer, in der der Druck angestiegen ist, geöffnet (die

Ventile der Arbeitsgaszuleitungen der anderen Kammer wurden zuvor geschlossen) und das Ventil der Arbeitsgasableitung zu der Kammer (mit dem nun hohen Druck) wird geschlossen bzw. das zu der anderen, nunmehr unter geringem Druck stehenden Kammer geöffnet. Somit strömt das Arbeitsgas - ggf. durch den gasdurchlässigen Verdrängerkolben bzw. zwischen Gehäusewand und Verdrängerkolben - in das Arbeitsrotorgehäuse, wo es den Arbeitsrotor antreibt, und von dort schließlich in den kalten Bereich der anderen Kammer.

**[0023]** Durch das zyklische Strömen von Arbeitsgas zwischen den beiden Kammern wird der Arbeitsrotor ständig angetrieben, wobei die Antriebskraft zum Antrieb des Arbeitsrotors aufgrund der einzelnen Zyklen ebenfalls zyklisch schwankt.

**[0024]** Auf dem Arbeitsrotor können Permanentmagnete befestigt sein, wobei ein im Arbeitsrotorgehäuse angeordneter Stator Induktionsspulen aufweisen kann. Dadurch ist es möglich, mittels Induktion direkt innerhalb des Arbeitsrotorgehäuses Strom zu erzeugen, sodass eine nach außen geführte, rotierende Welle entfallen kann.

**[0025]** Ein Vorteil der erfindungsgemäßen Wärmezyklusmaschine ist somit ihre hermetische Dichtigkeit aufgrund der geschlossenen Konstruktion, d. h., alle beweglichen Teile inklusive Generator verbleiben im Inneren der Maschine. Lediglich die Stromleitungen des Generators werden nach außen aus dem Gehäuse herausgeführt.

**[0026]** Ein weiterer Vorteil ist die Multivalenz der Wärmezyklusmaschine durch die Möglichkeit der Anbindung an einen Heißölkreislauf eines vorhandenen Heizgerätes, bspw. Öl- oder Gasbrenner, Holzvergaser, solare Parabolrinne etc., wobei beliebig wechselnde Wärmeenergiequellen zuschaltbar sind, sodass auf - je nach örtlichen Gegebenheiten - vorhandene Energiequellen zurückgreifbar ist. Zusätzlich ist die durch die Kühlung des Arbeitsgases anfallende Abwärme für z. B. eine Warmwasserheizung nutzbar.

**[0027]** Indem die Verdränger als Kolben ausgeführt sind, ist ein kurzes Verweilen an den Totpunkten (d. h. Endpositionen der zyklischen Hin und Her Bewegung) gewährleistet, wodurch eine effizientere Erhitzung bzw. Abkühlung des Arbeitsgases ermöglicht ist. Zudem ist die Verweilzeit der Verdrängerkolben an den Totpunkten mittels des Absperrventils der Hydraulikleitung steuerbar.

**[0028]** Zusätzlich ist die mechanische Effizienz durch die Verwendung eines Arbeitsrotors (d. h. Aufhebung des Arbeitskolbenprinzips) und durch eine Vermeidung des Kontakts der Verdrängerkolben zu den Kammergehäusewänden erhöht.

**[0029]** Auch ist die Wärmezyklusmaschine von einer langen Lebensdauer gekennzeichnet, da auf Maximaltemperaturen bzw. -drücke verzichtet werden kann, und somit aufgrund geringerer Materialbelastung ein geringerer Wartungsaufwand erforderlich ist.

**[0030]** Die Erfindung kann weiter derart ausgebildet

sein, dass der Verdrängerkolben mittels Rädern, die auf beispielsweise drei, innerhalb der Kammer an deren Innenwand angeordneten Schienen laufen, beweglich gelagert ist. Hierbei sind die Schienen in vorteilhafter Weise in der Kammermitte unterbrochen, d. h. sie verlaufen nicht durchgängig von einer Stirnseite zu der gegenüberliegenden Stirnseite der Kammer, sodass zwar jedes Rad über seine gesamte Lauflänge immer auf einer Schiene läuft, jedoch kein Wärmetransport innerhalb der Kammer über die Schienen vom heißen in den kalten Bereich möglich ist. Durch die Verwendung dieses Rad-Schiene-Systems sind die Reibungskräfte zwischen Verdrängerkolben und Kammerinnenwand stark verringert, sodass der mechanische Wirkungsgrad verbessert ist.

**[0031]** Weiterhin kann vorgesehen sein, dass der Arbeitsrotor zwei Paare parallel zueinander angeordneter, kreisrunder Scheiben aufweist, wobei zwischen den Scheiben jedes Paares spiralförmig vom Außenrand zum Zentrum verlaufende Strömungskanäle ausgebildet sind, durch welche das Arbeitsgas strömt, um den Rotor in Rotation zu versetzen.

**[0032]** In vorteilhafter Weise sind auf jedem Rotorscheibenpaar, z. B. jeweils auf der dem anderen Rotorscheibenpaar zugewandten Außenseite, Permanentmagnete angeordnet, z. B. aufgeklebt. Ein als kreisrunde Platte ausgebildeter Stator kann zwischen den beiden Rotorscheibenpaaren angeordnet sein, wobei die Statorplatte (in ihrem Inneren oder auf ihrer Oberfläche) über Induktionsspulen zur Erzeugung von elektrischem Strom verfügen kann. Somit ist der elektrische Strom innerhalb des Arbeitsrotorgehäuses erzeugbar, sodass keine rotierende Welle aus dem Arbeitsrotorgehäuse herauszuführen ist - das Arbeitsrotorgehäuse bleibt hermetisch dicht.

**[0033]** Zu Verringerung des Totraumes für das Arbeitsgas kann die Erfindung derart ausgestaltet sein, dass die Anzahl der Arbeitsgaszuleitungen von einer Kammer zu dem Rotorgehäuse der Anzahl der spiralförmig vom Außenrand zum Zentrum verlaufenden Strömungskanäle eines Rotorscheibenpaares entspricht. Insbesondere können die Anschlüsse für die Arbeitsgaszuleitungen zu dem Rotorgehäuse auf der Stirnseite jeder Kammer auf einem Kreis gleichmäßig beabstandet angeordnet sein.

**[0034]** Gemäß einer Ausführungsform ist der Arbeitsrotor mittels wenigstens zweier Kugellager, beispielsweise zweier Schrägkugellager mit einem Druckwinkel von z. B. 10° in O-Ausführung, auf der Arbeitsgasableitung gelagert, wobei die Wandung der Arbeitsgasableitung radial durch leicht zentripetal gerichtete Laminarprofile unterbrochen, d. h. im Bereich des Arbeitsrotors, beispielsweise zwischen den Platten jedes Rotorplattenpaares, spiralförmig von der Außenwand zu der Innenwand verlaufende Durchbrüche aufweist. Das Arbeitsgas kann hierdurch ungebremst und laminar von den z. B. spiralförmig vom Außenrand zum Zentrum verlaufenden Strömungskanälen des Arbeitsrotors in die Arbeitsgasableitung hineinströmen sowie mit hoher Geschwindigkeit (unterhalb Schallgeschwindigkeit) und hoher Drallwir-

kung durch das Innere der Arbeitsgasableitung zurück über das jeweils geöffnete Absperrventil in die jeweilige Kammer strömen. Die hohe Geschwindigkeit sorgt dabei für hohen Impuls des Gases und damit für einen guten Füllungsgrad der Kammern.

**[0035]** Die Erfindung kann weiter derart ausgebildet sein, dass die zu dem Arbeitsgasraum gerichtete Innenseite, d. h. die innere Gehäusewand, jeder Kammer eine aufgeraute bzw. grobkörnige Oberfläche aufweist, um die zur Wärmeübertragung nutzbare Fläche zu vergrößern.

**[0036]** Außerdem kann vorgesehen sein, dass die inneren Gehäusewände auf den Stirnflächen der Kammern in das Innere der Kammern gerichtete, z. B. stabförmige Auswölbungen aufweisen, die von dem durch die doppelwandige Gehäusewand der Kammern durchgeleiteten Wärme fluid durchströmbar sind. Hierbei weisen die Verdrängerkolben an den entsprechenden Positionen in Größe und Form übereinstimmende Ausnehmungen auf, sodass die Auswölbungen der Gehäuseinnenwand bei der im Betrieb der Wärmezyklusmaschine pendelnden Bewegung der Verdrängerkolben nahezu passgenau in die Ausnehmungen der Verdrängerkolben "einfahren". Dieses konstruktive Merkmal vergrößert ebenfalls die zur Wärmeübertragung von der Kammergehäusewand auf das Arbeitsgas nutzbare Fläche.

**[0037]** Gemäß einer Ausführungsform bestehen die Verdrängerkolben im Wesentlichen aus einem offenporigen Metall- oder Keramikschaum, dessen Porengröße vom Rand zum Zentrum stetig abnimmt. Es kann auch vorgesehen sein, dass der Zylindermantel massiv ausgebildet ist, während innerhalb des massiven Zylindermantels ein offenporiger Metall- oder Keramikschaum angeordnet ist, dessen Porengröße vom Zylindermantel zur Zylinderlängsachse stetig zunimmt, d. h. die Poren werden vom Rand zum Zentrum hin größer.

**[0038]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert, wobei gleiche oder ähnliche Merkmale mit gleichen Bezugszeichen versehen sind. Dazu zeigen in schematischer Darstellung die

Fig. 1: ein Ausführungsbeispiel der Wärmezyklusmaschine als Blockheizkraftwerk im Längsschnitt;  
Fig. 2: den Arbeitsrotor gemäß dieses Ausführungsbeispiels im Längs- und Querschnitt; und  
Fig. 3: die Arbeitsgasableitung im Längs- und Querschnitt.

**[0039]** Die Wärmezyklusmaschine gemäß Figur 1 umfasst die beiden zylinderförmigen Kammern 2, deren Stirnwände zur Erhöhung der Festigkeit (bei hohen Innendrücken) eingewölbt sind. Zusätzlich weisen die Stirnwände der Kammern 2 die in den Kammerinnenraum ragenden, stabförmigen Auswölbungen 26 auf. In den Kammern 2 ist jeweils der aus Regeneratormaterial bestehende, gasdurchlässige Verdrängerkolben 1 mittels des Lauflagers 3, umfassend die Räder 3.2 und die

Schienen 3.1, beweglich gelagert. Das Gehäuse jeder Kammer 2 ist doppelwandig ausgeführt, sodass der Hohlraum 23 gebildet ist, wobei durch die Dämm- und Dichtungsschicht 8 jeweils zwei Teilgehäuse 24.1 und 24.2 mit jeweils eigenem Hohlraum 23 gebildet sind. Das Teilgehäuse 24.1 weist den Heißöl-Vorlauf 4 und den Heißöl-Rücklauf 5 auf, sodass heißes Öl durch den Hohlraum 23 des Teilgehäuses 24.1 geleitet werden kann. Das Teilgehäuse 24.2 weist den Kaltwasser-Vorlauf 7 und den Kaltwasser-Rücklauf 6 auf, sodass Wasser, welches für eine Raumheizung verwendbar ist, durch die Wandung des Teilgehäuses 24.2, d. h. dessen Hohlraum 23, geleitet werden kann.

**[0040]** Der in dem Rotorgehäuse 15 angeordnete Arbeitsrotor 13 umfasst die Strömungskanäle 10 sowie die Permanentmagneten 11. Der Stator 14 umfasst die Induktionsspulen 12. Der Arbeitsrotor 13 ist mittels der Wälzlager 19 auf der Arbeitsgasableitung 20 drehbar gelagert. An der Position, an der das Arbeitsgas aus den Strömungskanälen 10 des Arbeitsrotors 13 austritt, sind in die Arbeitsgasableitung 20 die Durchbrüche 16 eingebracht. Die Arbeitsgasableitung 20 kann jeweils mit dem zwischen der Kammer 2 und dem Arbeitsrotor 13 eingebrachten Absperrventil 9 geschlossen bzw. geöffnet werden.

**[0041]** Von den Kammern 2 sind jeweils 24 Arbeitsgaszuleitungen 18 zu dem Rotorgehäuse 15 geführt, wobei jeweils mittels eines Wechselventils 17 der Arbeitsgaszufluss von der einen Kammer 2 zu dem Arbeitsrotor 13 geöffnet und von der anderen Kammer 2 unterbrochen werden kann.

**[0042]** Die beiden Verdrängerkolben 1 sind über die Hydraulikleitung 21, in welcher ein jeweils mit einem Verdrängerkolben 1 starr verbundener Schubkolben 22 vor und zurück bewegbar ist, in ihrem Bewegungsablauf miteinander gekoppelt. Um hierbei die Verweildauer der Verdrängerkolben 1 an ihren jeweiligen Endpositionen zu erhöhen, ist die Hydraulikleitung 21 durch das Absperrventil 25 quasi "blockierbar".

**[0043]** Figur 2 zeigt den Arbeitsrotor 13 in seinem Rotorgehäuse 15 gemäß Figur 1 im Querschnitt (Fig. 2a) im Detail sowie im Längsschnitt (Fig. 2b). Im Längsschnitt sind insbesondere die spiralförmig von außen zum Zentrum, d. h. Rotationsachse, verlaufenden Strömungskanäle 10 zu sehen.

**[0044]** In Figur 3a ist der Längsschnitt der Arbeitsgasableitung 20 vergrößert, und in Figur 3b ein Querschnitt durch die Arbeitsgasableitung 20 im Bereich der Durchbrüche 16 dargestellt. Die Durchbrüche 16 sind spiralförmig von außen in Richtung Zentrum der Arbeitsgasableitung 20 eingebracht, sodass sie quasi als Verlängerung der spiralförmigen Strömungskanäle 10 des Arbeitsrotors 13 ausgeführt sind.

#### Liste der verwendeten Bezugszeichen:

**[0045]**

1	Verdrängerkolben	
2	Kammer	
3	Laufager für Verdrängerkolben	
3.1	Schiene	
3.2	Rad	5
4	Heißöl Vorlauf	
5	Heißöl Rücklauf	
6	Kaltwasser Rücklauf / Heizung Vorlauf	
7	Kaltwasser Vorlauf / Heizung Rücklauf	
8	Dämm- und Dichtungsschicht	10
9	Absperrventil der Arbeitsgasableitung	
10	Strömungskanal	
11	Permanentmagnet	
12	Induktionsspule	
13	Arbeitsrotor	15
14	Stator	
15	Rotorgehäuse	
16	Durchbruch (Laminarprofil)	
17	Wechselventil	
18	Arbeitsgaszuleitung	20
19	Wälzlager	
20	Arbeitsgasableitung	
21	Hydraulikleitung	
22	Schubkolben	
23	Hohlraum	25
24.1	Teilgehäuse	
24.2	Teilgehäuse	
25	Absperrventil	
26	Auswölbung	

## Patentansprüche

1. Wärmezyklusmaschine zur Umwandlung von Wärme in elektrischen Strom mittels eines von einem Arbeitsgas anströmbaren Arbeitsrotors (13), umfassend

- eine Kammeranordnung, welche zwei zylinderförmige Kammern (2) mit im Wesentlichen identischem Fassungsvermögen aufweist, wobei jede der Kammern (2) von einem doppelwandigen Kammergehäuse, umfassend eine innere und eine äußere Gehäusewand, umschlossen ist, das aus zwei, thermisch gegeneinander isolierten Teilgehäusen (24.1, 24.2) mit jeweils einem eigenen, zwischen der inneren und der äußeren Teilgehäusewand ausgebildeten Hohlraum (23), besteht, wobei jedes der Teilgehäuse (24.1, 24.2) in seiner äußeren Gehäusewand einen Wärmeuideingang zur Einleitung eines Wärmeuids in den zwischen der inneren und der äußeren Teilgehäusewand ausgebildeten Hohlraum (23) sowie einen Wärmeuideausgang zur Ausleitung des Wärmeuids aus dem Hohlraum (23) aufweist;

- jeweils wenigstens eine Arbeitsgaszuleitung (18) von jeder Kammer (2) zu einem den Ar-

beitsrotor (13) umhausenden Rotorgehäuse (15) und eine Arbeitsgasableitung (20) von dem Rotorgehäuse (15) zu den Kammern (2);

**dadurch gekennzeichnet, dass**

- innerhalb jeder der Kammern (2) ein für ein Arbeitsgas durchlässiger Verdrängerkolben (1) beweglich angeordnet ist, dessen Durchmesser kleiner als der Innendurchmesser der Kammer (2) ist;

- beide zylinderförmige Kammern (2) durch eine jeweils an einer ihrer Stirnseiten angeordneten, mittels eines Absperrventils (25) verschließbaren Hydraulikleitung (21) miteinander verbunden sind;

- jeder Verdrängerkolben (1) starr mit einem in der Hydraulikleitung (21) beweglich angeordneten Schubkolben (22) verbunden ist, wobei der Schubkolben (22) dicht mit der Innenwandung der Hydraulikleitung (21) abschließt;

- die Arbeitsgasableitung (20) ein zwischen den beiden Kammern (2) entlang der Rotationsachse des Arbeitsrotors (13) verlaufender Hohlzylinder ist, auf dem der Arbeitsrotor (13) drehbar gelagert ist; und

- von den Kammern (2), den Schubkolben (22), den Arbeitsgaszuleitungen (18), der Arbeitsgasableitung (20) und dem Rotorgehäuse (15) ein hermetisch dichter Arbeitsgasraum gebildet ist.

2. Wärmezyklusmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verdrängerkolben (1) innerhalb der Kammer (2) auf drei an der Innenwand des ersten Teilgehäuses (24.1) und drei an der Innenwand des zweiten Teilgehäuses (24.2) angeordneten Schienen (3.1) beweglich gelagert ist.

3. Wärmezyklusmaschine nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Arbeitsrotor (13) zwei Paare parallel zueinander angeordneter, kreisrunder Scheiben aufweist, wobei zwischen den Scheiben jedes Paares spiralförmig vom Außenrand zum Zentrum verlaufende Strömungskanäle (10) ausgebildet sind.

4. Wärmezyklusmaschine nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein als kreisrunde Platte ausgebildeten Stator (14) zwischen den beiden Rotorscheibenpaaren angeordnet ist, wobei auf jedem Rotorscheibenpaar Permanentmagnete (11) und innerhalb der Statorplatte Induktionsspulen (12) angeordnet sind.

5. Wärmezyklusmaschine nach einem der Ansprüche 3 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Arbeitsrotor (13) mittels wenigstens zweier Wälzlager (19) auf der Arbeitsgasableitung (20) gelagert ist, wobei die Wandung der Arbeitsgasableitung (20) jeweils im Bereich zwischen den Platten jedes Rotorplatten-

paares spiralförmig von der Außenwand zu der Innenwand verlaufende Durchbrüche (16) aufweist.

6. Wärmezyklusmaschine nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anzahl der Arbeitsgaszuleitungen (18) von einer Kammer (2) zu dem Rotorgehäuse (15) der Anzahl der spiralförmig vom Außenrand zum Zentrum verlaufende Strömungskanäle (10) eines Rotorscheibenpaares entspricht. 5  
10
7. Wärmezyklusmaschine nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Kammer (2) 24 Anschlüsse für Arbeitsgaszuleitungen (18) zu dem Rotorgehäuse (15) aufweist, wobei die Anschlüsse der Arbeitsgaszuleitungen (18) auf einem Kreis gleichmäßig beabstandet auf der Stirnseite der Kammer (2) angeordnet sind. 15  
20
8. Wärmezyklusmaschine nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zu dem Arbeitsgasraum gerichtete Innen- seite jeder Kammer (2) eine aufgeraute Oberfläche aufweist. 25  
30
9. Wärmezyklusmaschine nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die inneren Gehäusewände auf den Stirnflächen der Kammern (2) in das Innere der Kammern (2) gerichtete, von dem Wärme fluid durchströmbare Auswölbungen (26) aufweisen, wobei die Verdrängerkolben (1) an den entsprechenden Positionen in Größe und Form entsprechende Ausnehmungen aufweisen. 35  
40
10. Wärmezyklusmaschine nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verdrängerkolben (1) im Wesentlichen aus einem offenporigen Metall- oder Keramikschaum bestehen, dessen Porengröße vom Rand zum Zentrum stetig abnimmt. 45

## Claims

1. Heat cycle machine for converting heat into electrical power by means of a working rotor (13) onto which a working gas can flow, comprising 50  
55
  - a chamber arrangement, which has two cylindrical chambers (2) with substantially identical capacities, wherein each of the chambers (2) is enclosed by a double-walled chamber housing, comprising an inner and an outer housing wall, which consists of two partial housings (24.1, 24.2) thermally insulated from one another and each comprising its own cavity (23) formed between the inner and outer partial housing wall,

wherein each of the partial housings (24.1, 24.2) has a thermal fluid inlet in its outer housing wall for introducing a thermal fluid into the cavity (23) formed between the inner and the outer partial housing wall, as well as a thermal fluid outlet for discharging the thermal fluid from the cavity (23);  
 - at least one working gas supply line (18) from each chamber (2) to a rotor housing (15) enclosing the working rotor (13), and a working gas discharge line (20) from the rotor housing (15) to the chambers (2); **characterised in that**  
 - a displacement piston (1) that is permeable to a working gas is movably arranged inside each of the chambers (2), the diameter of which is smaller than the inner diameter of the chamber (2);  
 - both cylindrical chambers (2) are connected to one another by a hydraulic line (21) that is arranged on one of their end faces and can be closed by means of a shut-off valve (25);  
 - each displacement piston (1) is rigidly connected to a thrust piston (22) movably arranged in the hydraulic line, wherein the thrust piston (22) seals tightly with the inner wall of the hydraulic line (21);  
 - the working gas discharge line (20) is a hollow cylinder extending between the two chambers (2) along the axis of rotation of the working rotor (13), on which the working rotor (13) is rotatably mounted; and  
 - a hermetically sealed working gas space is formed by the chambers (2), the thrust pistons (22), the working gas supply lines (18), the working gas discharge line (20) and the rotor housing (15).

2. Heat cycle machine according to claim 1, **characterised in that** the displacement piston (1) is movably mounted inside the chamber (2) on three rails (3.1) arranged on the inner wall of the first partial housing (24.1) and three rails (3.1) arranged on the inner wall of the second partial housing (24.2).
3. Heat cycle machine according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the working rotor (13) has two pairs of circular discs arranged parallel to one another, wherein flow channels (10) extend spirally between the discs of each pair, from the outer edge to the centre.
4. Heat cycle machine according to claim 3, **characterised in that** a stator (14) designed as a circular plate is arranged between the two rotor disc pairs, wherein permanent magnets (11) are arranged on each rotor disc pair and induction coils (12) are arranged inside the stator plate.
5. Heat cycle machine according to either of claims 3

or 4, **characterised in that** the working rotor (13) is mounted on the working gas discharge line (20) by means of at least two roller bearings (19), wherein the wall of the working gas discharge line (20) has openings (16) extending spirally from the outer wall to the inner wall in the region between the plates of each rotor disc pair.

6. Heat cycle machine according to any one of claims 3 to 5, **characterised in that** the number of working gas supply lines (18) from a chamber (2) to the rotor housing (15) corresponds to the number of spiral flow channels (10) of a rotor disc pair extending from the outer wall to the centre.
7. Heat cycle machine according to any one of the preceding claims, **characterised in that** each chamber (2) has 24 connections for working gas supply lines (18) to the rotor housing (15), wherein the connections of the working gas supply lines (18) are arranged uniformly spaced on a circle on the end face of the chamber (2).
8. Heat cycle machine according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the inner side of each chamber (2) directed towards the working gas space has a roughened surface.
9. Heat cycle machine according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the inner housing walls have bulges (26) directed into the inside of the chambers (2) on the end faces of the chambers (2), through which thermal fluid can flow, wherein the displacement pistons (1) have recesses corresponding in size and shape, at the corresponding positions.
10. Heat cycle machine according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the displacement pistons (1) consist substantially of an open-pore metal or ceramic foam, the pore size of which decreases steadily from the edge to the centre.

## Revendications

1. Machine à cycle de chaleur pour la conversion de chaleur en courant électrique au moyen d'un rotor de travail (13) pouvant être traversé par un gaz de travail, comprenant
  - un agencement de chambre qui présente deux chambres (2) cylindriques avec une capacité de charge sensiblement identique, dans laquelle chacune des chambres (2) est entourée par un boîtier de chambre à double paroi, comprenant une paroi de boîtier intérieure et une paroi de boîtier extérieure, qui se compose de deux boî-

tiers partiels (24.1, 24.2) isolés thermiquement l'un de l'autre avec respectivement un propre espace creux (23) réalisé entre la paroi de boîtier partiel intérieure et la paroi de boîtier partiel extérieure, dans laquelle chacun des boîtiers partiels (24.1, 24.2) présente dans sa paroi de boîtier extérieure une entrée de fluide thermique pour l'introduction d'un fluide thermique dans l'espace creux (23) réalisé entre la paroi de boîtier partiel intérieure et la paroi de boîtier partiel extérieure ainsi qu'une sortie de fluide thermique pour l'évacuation du fluide thermique de l'espace creux (23) ;

- respectivement au moins une conduite d'amenée de gaz de travail (18) de chaque chambre (2) à un boîtier de rotor (15) encadrant le rotor de travail (13) et une conduite de sortie de gaz de travail (20) du boîtier de rotor (15) aux chambres (2) ;

### caractérisée en ce que

- à l'intérieur de chacune des chambres (2), un piston de déplacement (1) perméable pour un gaz de travail est agencé de manière mobile, dont le diamètre est inférieur au diamètre intérieur de la chambre (2) ;

- les deux chambres cylindriques (2) sont reliées entre elles par une conduite hydraulique (21) agencée respectivement au niveau de l'un de leurs côtés avant, refermable au moyen d'une soupape de verrouillage (25) ;

- chaque piston de déplacement (1) est relié rigidement à un piston de poussée (22) agencé de manière mobile dans la conduite hydraulique (21), dans laquelle le piston de poussée (22) se termine de manière étanche par la paroi intérieure de la conduite hydraulique (21) ;

- la conduite de sortie de gaz de travail (20) est un cylindre creux s'étendant entre les deux chambres (2) le long de l'axe de rotation du rotor de travail (13), sur lequel le rotor de travail (13) est logé de manière à pouvoir tourner ; et

- un espace de gaz de travail hermétiquement étanche est formé par les chambres (2), les pistons de poussée (22), les conduites d'amenée de gaz de travail (18), la conduite de sortie de gaz de travail (20) et le boîtier de rotor (15).

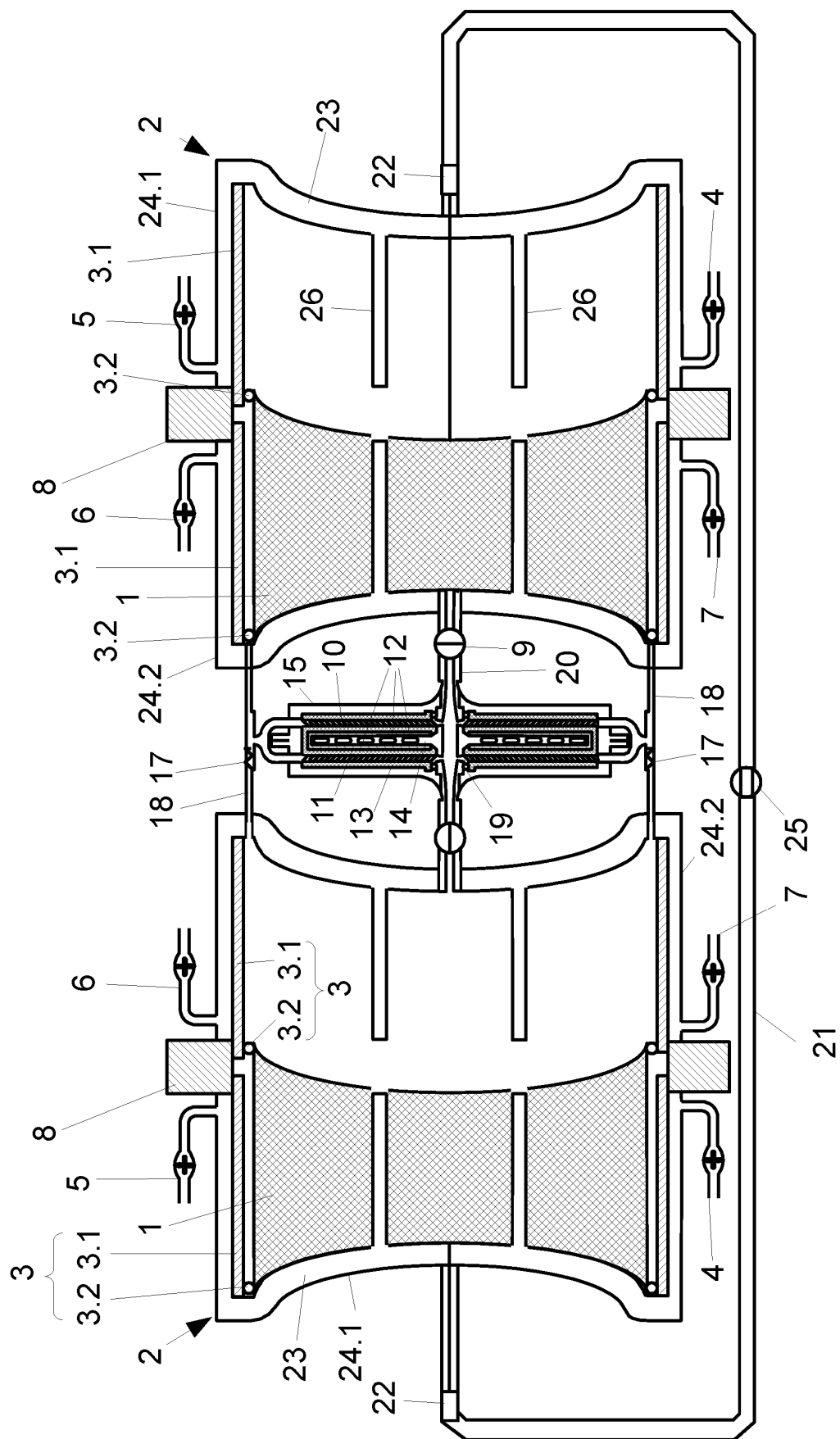
2. Machine de cycle de chaleur selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le piston de déplacement (1) est logé de manière mobile à l'intérieur de la chambre (2) sur trois rails (3.1) agencés au niveau de la paroi intérieure du premier boîtier partiel (24.1) et trois rails (3.1) agencés au niveau de la paroi intérieure du second boîtier partiel (24.2).
3. Machine de cycle de chaleur selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le rotor de travail (13) présente deux paires



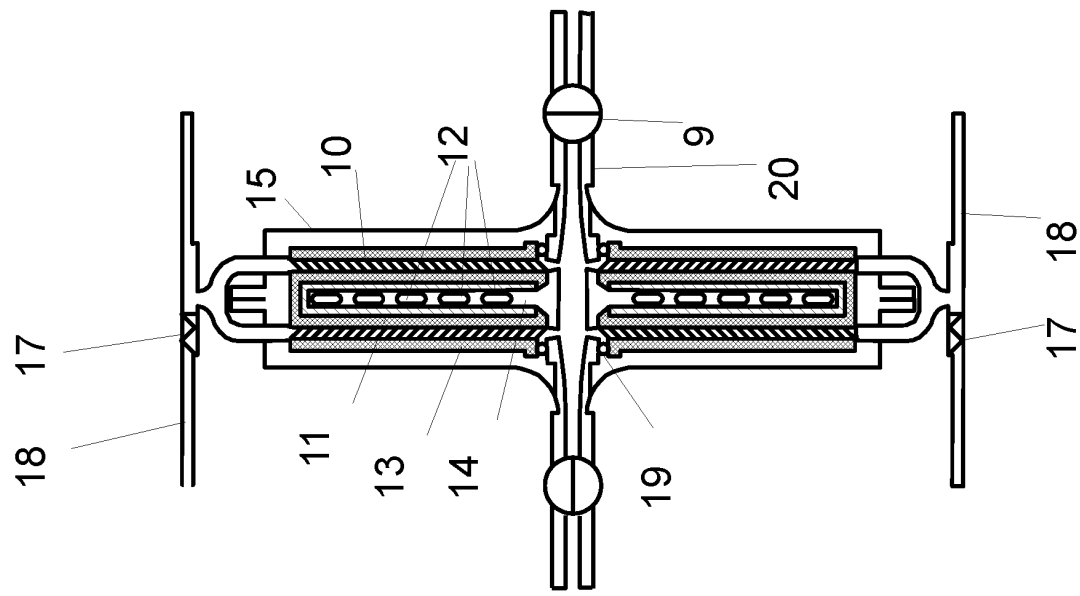
de disques ronds et circulaires, agencés parallèlement l'un à l'autre, dans laquelle des canaux d'écoulement (10) s'étendant entre les disques de chaque paire en spirale du bord extérieur au centre sont réalisés.

4. Machine de cycle de chaleur selon la revendication 3, **caractérisée en ce qu'un** stator (14) réalisé comme plaque ronde et circulaire est agencé entre les deux paires de disques de rotor, dans laquelle des aimants permanents (11) sont agencés sur chaque paire de disques de rotor et des bobines d'induction (12) sont agencées à l'intérieur de la plaque de stator. 10
5. Machine de cycle de chaleur selon l'une quelconque des revendications 3 à 4, **caractérisée en ce que** le rotor de travail (13) est logé au moyen d'au moins deux paliers de roulement (19) sur la conduite de sortie de gaz de travail (20), dans laquelle la paroi de la conduite de sortie de gaz de travail (20) présente des percements (16) s'étendant respectivement dans la zone entre les plaques de chaque paire de plaques de rotor en spirale de la paroi extérieure à la paroi intérieure. 20 25
6. Machine de cycle de chaleur selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, **caractérisée en ce que** le nombre des conduites d'amenée de gaz de travail (18) d'une chambre (2) au boîtier de rotor (15) correspond au nombre des canaux d'écoulement (10) s'étendant en spirale du bord extérieur au centre d'une paire de disques de rotor. 30
7. Machine de cycle de chaleur selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** chaque chambre (2) présente 24 raccords pour des conduites d'amenée de gaz de travail (18) au boîtier de rotor (15), dans laquelle les raccords des conduites d'amenée de gaz de travail (18) sont agencés espacés uniformément sur un cercle sur le côté avant de la chambre (2). 35 40
8. Machine de cycle de chaleur selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le côté intérieur dirigé vers l'espace de gaz de travail de chaque chambre (2) présente une surface rendue rugueuse. 45
9. Machine de cycle de chaleur selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les parois de boîtier intérieures présentent des saillies (26) pouvant être traversées par le fluide thermique, dirigées sur les surfaces avant des chambres (2) vers l'intérieur des chambres (2), dans laquelle les pistons de déplacement (1) présentent au niveau des positions correspondantes des évidements correspondant en grandeur et forme. 50 55

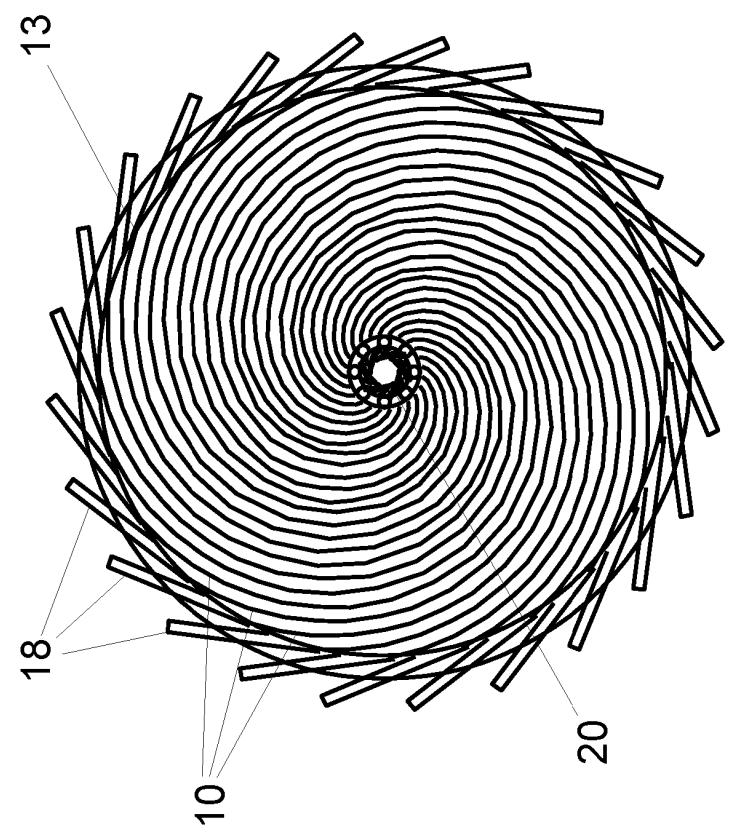
10. Machine de cycle de chaleur selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les pistons de déplacement (1) se composent sensiblement d'une mousse métallique ou céramique à pores ouverts, dont la grandeur de pore diminue en permanence du bord au centre.



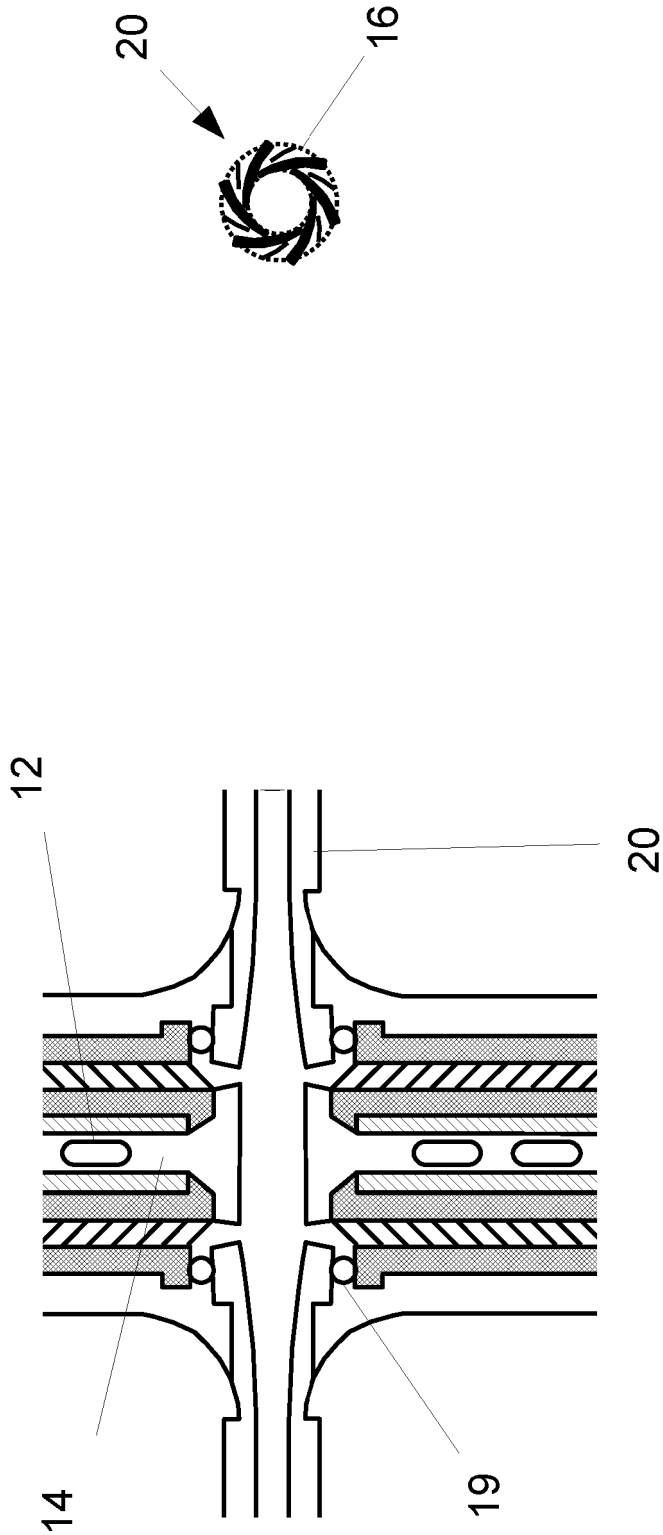
# Figur 1



Figur 2a



Figur 2b



Figur 3b

Figur 3a

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 102008048633 B4 **[0004]**
- DE 102008048639 B4 **[0004]**
- EP 2037113 A2 **[0005]**