

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 016 781 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
05.07.2000 Patentblatt 2000/27

(51) Int Cl.7: **F02G 1/043**

(21) Anmeldenummer: **99125201.6**

(22) Anmeldetag: **17.12.1999**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder: **Hoffmann, Jürgen
98554 Benshausen (DE)**

(74) Vertreter: **Engel, Christoph Klaus
Engel & Weihrauch,
Patent- und Rechtsanwälte,
Marktplatz 6
98527 Suhl/Thüringen (DE)**

(30) Priorität: **29.12.1998 DE 19860522**

(71) Anmelder: **Hoffmann, Jürgen
98554 Benshausen (DE)**

(54) **Kalorische Maschine**

(57) Die Erfindung betrifft eine kalorische Maschine, die mit einem Arbeitsmedium in zwei Arbeitstakten betrieben wird. Die Maschine umfaßt einen ersten und einen zweiten Arbeitskolben (1, 11), einen ersten und einen zweiten Ladekolben (7, 16), zugehörige Zylinder, einen Erwärmungshohlraum (20), in welchem dem Arbeitsmedium Wärme zugeführt wird, einen Kühlhohlraum (21), in welchem dem Arbeitsmedium Wärme ent-

zogen wird und einen Linearkraftübertragungsblock (4), über welchen die Kolben miteinander verkoppelt sind. Während der Arbeitstakte strömt das Arbeitsmedium zwischen den Kolben und den Hohlräumen, wobei die Steuerung über Ventile erfolgt. Die Maschine kann als Linearmotor aufgebaut werden. Es lassen sich auch mehrere erfindungsgemäße Maschinen zu einer Motor-einheit kombinieren.

EP 1 016 781 A2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine kalorische Maschine, die mit einem Arbeitsmedium in zwei Arbeitstakten betrieben wird. Außerdem betrifft die Erfindung eine Motoreinheit zur Bereitstellung mechanischer Energie.

[0002] Als kalorische Maschinen werden im weitesten Sinne Wärmekraftmaschinen verstanden, bei denen unter Ausnutzung der thermodynamischen Gesetzmäßigkeiten Wärmeenergie in mechanische Energie umgewandelt wird. Dabei wird einem Arbeitsmedium Wärmeenergie zugeführt, was die Volumenausdehnung des Arbeitsmediums bewirkt, welche zur Verrichtung von mechanischer Arbeit genutzt werden kann. In einem nachfolgenden Arbeitstakt wird dem Arbeitsmedium Wärmeenergie entzogen, wodurch eine Volumenverringering eintritt. Bei kalorischen Maschinen laufen diese beiden Arbeitstakte in einem Kreisprozeß ab, so daß die Maschine kontinuierlich mechanische Energie bereitstellen kann.

[0003] Bekannte Wärmekraftmaschinen, die in vielfältigen Varianten als Motoren entwickelt wurden, sind die Stirling-Maschinen, bei denen das erstmals von Robert Stirling eingesetzte Arbeitsverfahren zum Einsatz kommt. Stirling-Maschinen sind üblicherweise ohne Steuerventile aufgebaut. Sofern zur Regelung des Arbeitsprozesses Steuerventile eingesetzt werden, spricht man häufig von Ericsson-Maschinen. Die vorliegende Erfindung kann im weitesten Sinne als Ericsson-Maschine bezeichnet werden, verwendet jedoch einen neuartigen konstruktiven Aufbau, der zu besonderen Vorteilen führt.

[0004] Das kalorische Prinzip wird in praktisch relevantem Umfang bislang zumeist bei Kältemaschinen realisiert.

[0005] Ein Überblick über die Arbeitsprinzipien von Wärmekraftmaschinen im allgemeinen und Stirling-Maschinen im besonderen, sowie über die verschiedensten Ausführungsformen derartiger Maschinen ist dem Buch "Stirling-Maschinen" von Martin Werdich, Ökobuch Verlag Staufen bei Freiburg, 1994 (ISBN 3-922964-35-4) entnehmbar. Die darin gezeigten funktionsfähigen Ausführungsformen von Stirling-Maschinen wurden bislang nur vereinzelt, beispielsweise im Rahmen von Modellversuchen eingesetzt. Eine serienmäßige industrielle Anwendung derartiger Maschinen zur Bereitstellung mechanischer Energie ist bis heute an den vielfältigen konstruktiven Schwierigkeiten bei der Realisierung des bekannten Prinzips gescheitert. Zwar ist seit langer Zeit anerkannt, daß die in kalorischen Maschinen eingesetzten Arbeitsprinzipien zur Energiewandlung mit guten Wirkungsgraden verwendbar sind und gegenüber den weit verbreiteten Verbrennungskraftmaschinen vielfältige Vorteile bieten. Trotzdem haben technische Realisierungsschwierigkeiten bisher einen erfolgreichen Einsatz von kalorischen Maschinen im Bereich der Bereitstellung mechanischer

Energie verhindert. Häufig scheiterte der Einsatz solcher Maschinen an im Einzelfall komplizierten Aufbauten, die einem störungsfreien Langzeitbetrieb entgegenstehen.

[0006] Aus der DE 38 34 070 ist eine nach dem Stirling-Prinzip arbeitende Wärmekraftmaschine bekannt, die zwei Zylinderpaare aus jeweils einem Kalt- und einem Heißzylinder aufweist. Jedem Zylinderpaar ist ein separater Kreislauf für das Arbeitsmedium zugeordnet, so daß zwei Kühler, zwei Regeneratoren und zwei Erhitzer benötigt werden. Dies bedingt einen teuren und störanfälligen Aufbau.

[0007] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, das bekannte Prinzip kalorischer Maschinen aufzugreifen und eine technische Realisierung bereitzustellen, die die Nachteile bisheriger gleichartiger Maschinen vermeidet oder stark verringert. Es soll eine kalorische Maschine zur Verfügung gestellt werden, die unter Einsatz einfacherster mechanischer Bauelemente kontinuierlich mechanische Energie abgeben kann. Außerdem ist es besonders wünschenswert, diese Maschine so zu gestalten, daß Linearkräfte abgegeben werden können. Schließlich ist es ein Ziel der vorliegenden Erfindung, eine Motoreinheit unter Ausnutzung einer entsprechenden kalorischen Maschine anzugeben.

[0008] Diese Aufgaben werden durch die erfindungsgemäße kalorische Maschine gelöst, die mit einem Arbeitsmedium in zwei Arbeitstakten betrieben wird und einen ersten Arbeitskolben, der in einem ersten Arbeitszylinder läuft und über eine erste Schubstange an einen Linearkraftübertragungsblock gekoppelt ist, der in der Bewegungsrichtung des ersten Arbeitskolbens verschiebbar ist; einen ersten Ladekolben, der in einem ersten Ladezylinder läuft und über eine parallel zur ersten Schubstange angeordnete zweite Schubstange an den Linearkraftübertragungsblock gekoppelt ist; einen zweiten Arbeitskolben, der in einem zweiten Arbeitszylinder in zum ersten Arbeitskolben entgegengesetzter Arbeitsrichtung läuft und über eine dritte Schubstange an den Linearkraftübertragungsblock gekoppelt ist; einen zweiten Ladekolben, der in einem zweiten Ladezylinder in zum ersten Ladekolben entgegengesetzter Arbeitsrichtung läuft und über eine parallel zur dritten Schubstange angeordnete vierte Schubstange an den Linearkraftübertragungsblock gekoppelt ist; einen Erwärmungshohlraum, in welchem dem Arbeitsmedium Wärme zugeführt wird; und einen Kühlhohlraum, in welchem dem Arbeitsmedium Wärme entzogen wird, umfaßt; wobei während des ersten Arbeitstaktes das erwärmte Arbeitsmedium aus dem Erwärmungshohlraum über ein erstes Arbeitsventil in den ersten Arbeitszylinder und aus dem zweiten Arbeitszylinder über ein zweites Arbeitsventil in den Kühlhohlraum strömt, während das abgekühlte Arbeitsmedium aus dem Kühlhohlraum über ein erstes Ladeventil in den ersten Ladezylinder und aus dem zweiten Ladezylinder über ein zweites Ladeventil in den Erwärmungshohlraum strömt; und wobei wäh-

rend des zweiten Arbeitstaktes das warme Arbeitsmedium aus dem Erwärmungshohlraum über ein drittes Arbeitsventil in den zweiten Arbeitszylinder und aus dem ersten Arbeitszylinder über ein viertes Arbeitsventil in den Kühlhohlraum strömt, während das kalte Arbeitsmedium aus dem Kühlhohlraum über ein drittes Ladeventil in den zweiten Ladezylinder und aus dem ersten Ladezylinder über ein viertes Ladeventil in den Erwärmungshohlraum strömt; und wobei während des ersten Motortaktes das dritte und vierte Arbeitsventil und das dritte und vierte Ladeventil geschlossen sind und während des zweiten Motortaktes das erste und zweite Arbeitsventil und das erste und zweite Ladeventil geschlossen sind.

[0009] Diese kalorische Maschine bietet den Vorteil, daß die Arbeits- und Ladekolben so angeordnet sind, daß sie Linearkräfte direkt an einen Linearkraftübertragungsblock abgeben können, ohne daß weitere Getriebelemente erforderlich sind. Auf diese Weise werden Querkräfte vermieden. Damit können auch die bei herkömmlichen Aufbauten zumeist hohen Reibungsverluste deutlich verringert werden. Durch die symmetrische Verknüpfung von zwei Arbeitskolben und zwei Ladekolben kann von der erfindungsgemäßen Maschine in beiden Arbeitstakten mechanische Energie abgegeben werden, so daß die jeweils bereitgestellte Energiemenge relativ gleichmäßig über die Zeit verteilt ist. Zur Überwindung der verbleibenden Totpunkte ist nur ein geringer Energiebetrag erforderlich, wodurch beispielsweise einzusetzende Schwungmassen klein gehalten werden können. Der erfindungsgemäße Aufbau bietet auch den Vorteil, daß die Maschine selbstanlaufend ist, wodurch übliche Starterhilfsmittel eingespart werden können.

[0010] Bei einer abgewandelten Ausführungsform der erfindungsgemäßen kalorischen Maschine wird von dem streng linearen Prinzip abgewichen und an Stelle der Schubstangen kommen Pleuelstangen zum Einsatz, die die Arbeits- und Ladekolben über Zapfen mit einer Kurbelwelle verbinden. Die beiden Kolbenpaare greifen dabei 180° phasenversetzt an der Kurbelwelle an.

[0011] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen kalorischen Maschine besitzen der Erwärmungshohlraum und der Kühlhohlraum jeweils ein konstantes Volumen, wobei das Volumen der beiden Hohlräume auch identisch sein kann.

[0012] Eine abgewandelte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, daß der Linearkraftübertragungsblock ein auf Führungssäulen verschiebbar gelagertes Gestell ist, welches auf einer ersten Seite an den ersten Arbeitskolben und den ersten Ladekolben und an einer zweiten, der ersten gegenüberliegenden Seite an den zweiten Arbeitskolben und den zweiten Ladekolben gekoppelt ist. Diese Ausführungsform ermöglicht einen besonders einfachen mechanischen Aufbau, bei welchem der erste Arbeitskolben und der erste Ladekolben einerseits und der zweite Arbeitskolben und der zweite Ladekolben andererseits parallel zueinander angeord-

net sind, wobei jeweils die Arbeitskolben und die Ladekolben gegenläufig zueinander bewegt werden und die Kräfte linear in den Linearkraftübertragungsblock einleiten bzw. von diesem empfangen.

[0013] Bei einer besonders zweckmäßigen Ausführungsform werden alle Ventile mechanisch vom Linearkraftübertragungsblock betätigt. Dadurch können aufwendige elektrische bzw. elektronische Steuermechanismen entfallen. Dies führt zu einem sehr robusten und zuverlässigen Aufbau der kalorischen Maschine. Bei abgewandelten Ausführungsformen können die Ventile jedoch auch durch elektrische Signale angesteuert werden und beispielsweise als Magnetventile ausgelegt sein oder als hydraulische Ventile ausgebildet sein. Dies ist zum Beispiel dann zweckmäßig, wenn eine hohe Präzision hinsichtlich der Schaltzeitpunkte der Ventile und eine hohe Schaltgeschwindigkeit erwünscht sind.

[0014] Eine weitergebildete Ausführungsform ist durch einen Linearkraftübertragungsblock mit einer daran befestigten Zahnstange gekennzeichnet, wobei zwei gegenläufig wirkende Freilaufgetriebe in die Zahnstange eingreifen und die alternierende Linearbewegung über ein beigeordnetes Zahnrad in eine gleichbleibende Drehbewegung umsetzen. Diese Ausführungsform läßt sich vorteilhaft einsetzen, wenn die zur Verfügung gestellte Linearkraft in eine Drehbewegung umgesetzt werden soll, wie dies beispielsweise in Kraftfahrzeugen wünschenswert ist.

[0015] Bei einer abgewandelten Ausführungsform wird anstelle der Zahnstange eine langgestreckte elektrische Erregerwicklung am Linearkraftübertragungsblock angekoppelt, um welche elektrische Spulen positioniert werden. Damit ist die Bereitstellung von elektrischer Energie möglich.

[0016] Sofern die Kolben über Pleuelstangen an eine Kurbelwelle angekoppelt sind, kann das Getriebe zur Umwandlung der Linearbewegung in eine Drehbewegung entfallen.

[0017] Eine vorteilhafte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, daß der Erwärmungshohlraum als Sonnenkollektor ausgestaltet ist. Die Wärmezufuhr erfolgt dann direkt durch Sonneneinstrahlung. In Weiterbildung dieser Ausführungsform können die Druck- und Volumenbedingungen in der kalorischen Maschine gemäß den Gesetzen der Thermodynamik so gewählt werden, daß im Kühlhohlraum eine Expansion des Arbeitsmediums erfolgt, welche eine Abkühlung zur Folge hat. Die dadurch bereitgestellte "Kältequelle" kann zur Kühlung bzw. Klimatisierung der Umgebung genutzt werden.

[0018] Die o.g. Aufgaben werden auch durch eine Motoreinheit gelöst, bei welcher mindestens zwei kalorische Maschinen der erfindungsgemäßen Art zusammengeschaltet sind, wobei vorzugsweise vier kalorische Maschinen jeweils um 90° phasenversetzt zusammengeschaltet werden. Durch eine derartige Anordnung mehrerer erfindungsgemäßer kalorischer Maschinen lassen sich die Gesamtleistung erhöhen und die

Laufeigenschaften einer entsprechenden Motoreinheit verbessern. Da die einzelnen Maschinen phasenversetzt arbeiten ergibt sich eine gleichmäßigere Verteilung der bereitgestellten mechanischen Energie, da die Totpunkte ebenfalls um 90° phasenversetzt liegen.

[0019] Weitere Vorteile, Einzelheiten und Weiterbildungen ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, unter Bezugnahme auf die Zeichnung. Es zeigen:

Fig. 1 ein Prinzipschaltbild einer kalorischen Maschine, dargestellt während eines ersten Arbeitstaktes;

Fig. 2 das Prinzipschaltbild der kalorischen Maschine, dargestellt während eines zweiten Arbeitstaktes;

Fig. 3 eine vereinfachte Darstellung eines Zahnstangengetriebes der kalorischen Maschine.

[0020] In Fig. 1 ist eine erfindungsgemäße kalorische Maschine in einem Prinzipschaltbild dargestellt, wobei sich die Maschine in dieser Darstellung in einem ersten Arbeitstakt befindet. Die kalorische Maschine besitzt einen ersten Arbeitskolben 1, der in einem ersten Arbeitszylinder 2 läuft. Am ersten Arbeitskolben 1 ist eine erste Schubstange 3 befestigt, die sich im wesentlichen in gerader Linie bis zu einem zentral angeordneten Linearkraftübertragungsblock 4 erstreckt und an einer ersten Seite 5 dieses Linearkraftübertragungsblocks 4 befestigt ist. Weiterhin ist ein erster Ladekolben 7 vorgesehen, der in einem ersten Ladezylinder 8 läuft und über eine zweite Schubstange 9 ebenfalls an die erste Seite 5 des Linearkraftübertragungsblocks 4 gekoppelt ist. Die zweite Schubstange 9 verläuft im wesentlichen parallel zur ersten Schubstange 3. Das Arbeitsvolumen des ersten Arbeitszylinders 2 ist deutlich größer ausgelegt als das Arbeitsvolumen des ersten Ladezylinders 8.

[0021] Auf der gegenüberliegenden Seite des Linearkraftübertragungsblocks 4 ist ein zweiter Arbeitskolben 11 vorgesehen, der wiederum in einem zweiten Arbeitszylinder 12 läuft und über eine dritte Schubstange 13 an den Linearkraftübertragungsblock 4 gekoppelt ist. Die dritte Schubstange 13 ist an einer zweiten Seite 14 des Linearkraftübertragungsblocks 4 befestigt, wobei die zweite Seite 14 der ersten Seite 5 im wesentlichen parallel gegenüberliegt. Komplementär zum ersten Ladekolben 7 ist weiterhin ein zweiter Ladekolben 16 vorgesehen, der in einem zweiten Ladezylinder 17 arbeitet und über eine vierte Schubstange 18 ebenfalls mit der zweiten Seite 14 des Linearkraftübertragungsblocks 4 in Verbindung steht. Das Arbeitsvolumen des zweiten Arbeitszylinders 12 entspricht im wesentlichen dem Arbeitsvolumen des ersten Arbeitszylinders 2, während das Arbeitsvolumen des zweiten Ladezylinders 17 im wesentlichen dem Arbeitsvolumen des ersten Ladezy-

linders 8 entspricht und kleiner als das Arbeitsvolumen der Arbeitszylinder ist.

[0022] Im übrigen besitzt die kalorische Maschine einen Erwärmungshohlraum 20 und einen Kühlohhlraum 21, die vorzugsweise ein unveränderliches Volumen haben, wobei insbesondere der Erwärmungshohlraum 20 und der Kühlohhlraum 21 ein nahezu identisches Volumen aufweisen. Sowohl im Erwärmungshohlraum 20 als auch im Kühlohhlraum 21 und darüber hinaus in den Zylindern und den zwischen diesen verlaufenden Verbindungsleitungen befindet sich ein Arbeitsmedium dessen Strömungsrichtung durch einzelne Pfeile angedeutet ist. Als Arbeitsmedium kommen vorzugsweise Stoffe mit relativ geringem Siedepunkt, wie Wasser, Alkohol, Äther oder Helium zur Anwendung, wobei der spezielle Stoff unter Berücksichtigung des jeweiligen Einsatzzweckes und der verwendeten Arbeitstemperaturen auszuwählen ist. Dem Arbeitsmedium wird kontinuierlich im Erwärmungshohlraum Wärme zugeführt. Dazu wird eine externe Wärmequelle genutzt. Zur Erwärmung können beispielsweise Heizstoffe verbrannt werden oder im jeweiligen Einsatzfall zur Verfügung stehende Abwärme als Wärmequelle dienen. Es kann auch besonders vorteilhaft sein, den Erwärmungshohlraum als Sonnenkollektor auszulegen oder ihm in geeigneter anderer Weise die durch Sonneneinstrahlung bereitgestellte Wärmeenergie zuzuführen. Die Ausbildung des Erwärmungshohlraums als Sonnenkollektor hat sich als besonders einfach und nützlich erwiesen, das sich einerseits das Arbeitsmedium in einfacher Weise durch die Sonnenkollektoren leiten läßt und andererseits die ausgenutzte Sonnenenergie kostenlos zur Verfügung steht.

[0023] Um das Prinzip der Wärmekraftmaschine zu realisieren, wird dem Arbeitsmedium im Kühlohhlraum Wärme entzogen, so daß die Temperatur des Arbeitsmediums beim Verlassen des Kühlohhlraums geringer ist als beim Eintritt in diesen.

[0024] Nachfolgend wird der erste Arbeitstakt der kalorischen Maschine detailliert beschrieben. Während des ersten Arbeitstaktes strömt über eine erste Heißmediumleitung 25 und ein geöffnetes erstes Arbeitsventil 26 das erwärmte Arbeitsmedium in den ersten Arbeitszylinder 2 ein, wodurch der erste Arbeitskolben 1 ausgetrieben wird und dabei über die erste Schubstange 3 eine linear wirkende Kraft auf den Linearkraftübertragungsblock 4 ausübt. Der Linearkraftübertragungsblock 4 führt eine geradlinige Bewegung von links nach rechts aus, wie dies durch den eingezeichneten Pfeil deutlich gemacht ist. Durch die Koppelung über die zweite Schubstange 9 wird auch der erste Ladekolben 7 aus dem ersten Ladezylinder 8 hinausbewegt, so daß kaltes Arbeitsmedium über ein geöffnetes erstes Ladeventil 27 und eine erste Ladeleitung 28 in den ersten Ladezylinder 8 einströmen kann. Die zur Verfügung stehende Kraft ist abhängig von der zugeführten Wärmemenge, da dies über die Ausdehnung des Arbeitsmediums im Erwärmungshohlraum und damit über

die Volumenmenge, die in den ersten Arbeitszylinder 2 eingepreßt wird, entscheidet.

[0025] Die durch den ersten Arbeitskolben 1 bereitgestellte Kraft wird über den Linearkraftübertragungsblock 4 auch an die dritte Schubstange 13 und die vierte Schubstange 18 übertragen. Dadurch wird das im zweiten Ladezylinder 17 befindliche abgekühlte Arbeitsmedium vom zweiten Ladekolben 16 ausgetrieben und strömt über eine erste Rückführleitung 29 und ein geöffnetes zweites Ladeventil 30 zurück in den Erwärmungshohlraum 20, in welchem es erneut erwärmt wird und eine Volumenausdehnung erfährt. Ebenso wird das noch relativ warme Arbeitsmedium, welches sich im zweiten Arbeitszylinder 12 befindet, durch den zweiten Arbeitskolben 11 ausgetrieben, so daß es über eine zweite Rückführleitung 31 und ein geöffnetes zweites Arbeitsventil 32 in den Kühlohhlraum 21 zurückströmt. Dem relativ warmen Arbeitsmedium wird im Kühlohhlraum 21 Wärme entzogen.

[0026] Während des soeben beschriebenen ersten Arbeitstaktes befinden sich ein zwischen dem Erwärmungshohlraum 20 und dem zweiten Arbeitszylinder 12 liegendes drittes Arbeitsventil 33, ein zwischen den zweiten Ladezylinder 17 und den Kühlohhlraum 21 geschaltetes drittes Ladeventil 34, ein zwischen den Kühlohhlraum 21 und den ersten Ladezylinder 2 geschaltetes viertes Arbeitsventil 35 und ein zwischen den ersten Ladezylinder 8 und den Erwärmungshohlraum 20 geschaltetes viertes Ladeventil 36 in geschlossenem Zustand. Diese Ventilsteuerung bewirkt, daß von jeweils zwei Leitungen, die an jeden Zylinder angeschlossen sind, nur eine Leitung geöffnet ist, wodurch definierte Strömungsverhältnisse vorliegen. Die Steuerung der genannten Ventile erfolgt bei der dargestellten Ausführungsform auf mechanische Weise über Steuerstangen, die mit dem Linearkraftübertragungsblock 4 kommunizieren.

[0027] Der Linearkraftübertragungsblock 4 ist mit Führungshülsen 40 auf Führungssäulen 41 gelagert, so daß eine reibungsarme lineare Bewegung ausgeführt werden kann.

[0028] Unter Bezugnahme auf Fig. 2 werden nun die Strömungsverhältnisse in der kalorischen Maschine während des zweiten Arbeitstaktes erläutert. Die Stellung der einzelnen Kolben in den Zylindern, die in Fig. 2 gezeigt ist, entspricht derjenigen aus Fig. 1, jedoch während einer entgegengesetzten Bewegung, die wiederum durch einen Pfeil im Bereich des Linearkraftübertragungsblocks dargestellt ist. Während dieser gezeigten Bewegung von rechts nach links strömt das heiße Arbeitsmedium aus dem Erwärmungshohlraum 20 über eine zweite Heißmediumleitung 45 durch das nunmehr geöffnete dritte Arbeitsventil 33 in den zweiten Arbeitszylinder 12. Das in den zweiten Arbeitszylinder 12 unter Druck einströmende Arbeitsmedium bewirkt eine Verschiebung des zweiten Arbeitskolbens 11, wobei diese Bewegung über die dritte Schubstange 13 auf die zweite Seite 14 des Linearkraftübertragungsblocks 4 geleitet

wird. Auf der gegenüberliegenden Seite des Linearkraftübertragungsblocks werden die Kolben in die Zylinder hineingeschoben, so daß der erste Ladekolben 7 das Medium aus dem ersten Ladezylinder 8 herausdrückt, wobei dieses über eine dritte Rückführleitung 46 durch das geöffnete vierte Ladeventil 36 in den Erwärmungshohlraum 20 einströmt, in welchem es wiederum erwärmt wird. Weiterhin wird aus dem Kühlohhlraum 21 kaltes Arbeitsmedium über eine zweite Ladeleitung 47 durch das geöffnete dritte Ladeventil 34 in den zweiten Ladezylinder 17 eingesaugt, da sich der zweite Ladekolben 16 aus diesem herausbewegt. Demgegenüber wird das Arbeitsmedium vom ersten Arbeitskolben 1 aus dem ersten Arbeitszylinder 2 herausgepreßt, wobei es über eine vierte Rückführleitung 48 durch das geöffnete vierte Arbeitsventil 35 in den Kühlohhlraum 21 strömt, in welchem ihm Wärme entzogen wird. Während des zweiten Arbeitstaktes sind das erste Arbeitsventil 26, das zweite Arbeitsventil 32, das erste Ladeventil 27 und das vierte Ladeventil 36 geschlossen.

[0029] Bei der in den Fig.n 1 und 2 dargestellten Ausführungsform bewirkt der Linearkraftübertragungsblock 4 jeweils im wesentlichen an den Umkehrpunkten der Linearbewegung die Umschaltung der genannten Steuerentile, so daß die zur Aufrechterhaltung der Bewegung erforderliche Kraft abwechselnd vom ersten Arbeitskolben und vom zweiten Arbeitskolben bereitgestellt wird. Aufgrund der streng linearen Kraftführung werden bei dieser Ausführungsform keine Pleuelstangen und Pleuelstangen benötigt, wie dies bei herkömmlichen Verbrennungskraftmaschinen der Fall ist. Die Materialbeanspruchungen sind daher geringer, was in Verbindung mit den relativ geringen Arbeitsgeschwindigkeiten zu einer hohen Lebensdauer der Maschine und zu einer bemerkenswerten Laufruhe führt. Abgewandelte Ausführungsformen der Erfindung können aber auch das Pleuelstangenprinzip nutzen.

[0030] Um die bereitgestellte mechanische Energie beispielsweise zu Antriebszwecken zu nutzen ist bei der dargestellten Ausführungsform an dem Linearkraftübertragungsblock 4 eine Zahnstange 50 angebracht, in welche ein Zahnrad 51 eingreift. Aufgrund der beschriebenen zweifaktigen Arbeitsweise der kalorischen Maschine ergibt sich eine alternierende Linearbewegung der Zahnstange 50, die in einer Drehbewegung des Zahnrad 51 mit wechselndem Richtungssinn resultiert.

[0031] Fig. 3 zeigt eine vereinfachte Prinzipdarstellung einer Möglichkeit, diese Drehbewegung mit wechselndem Richtungssinn in eine Drehbewegung mit gleichbleibendem Richtungssinn umzuwandeln. Die Zahnstange 50 steht in diesem Fall mit einem ersten Freilaufgetriebe 52 und einem zweiten Freilaufgetriebe 53 in Eingriff, die ihrerseits jeweils in ein zentrales Zahnrad 54 eingreifen. Die Freilaufgetriebe 52, 53 sind so angeordnet, daß je nach Bewegungsrichtung der Zahnstange 50 immer nur ein Freilaufgetriebe eine Kraftübertragung an das zentrale Zahnrad 54 durchführt, so daß dieses in eine Drehbewegung mit gleichbleibendem

Richtungssinn versetzt wird. An dem zentralen Zahnrad 54 kann dann eine Abtriebswelle befestigt sein.

[0032] Die erfindungsgemäße kalorische Maschine kann auch mit beliebigen anderen Getriebeararten ausgerüstet werden. Ebenso ist es möglich, die Steuerung der Ventile nicht auf mechanische sondern auf elektrische, hydraulische oder sonstige Weise vorzunehmen. Die erläuterte kalorische Maschine kann als kompakte Einheit aufgebaut werden, so daß die Zusammenschaltung mehrerer solcher Einheiten ohne Schwierigkeiten möglich ist. Auf diese Weise lassen sich beispielsweise Motoren aufbauen, die mehrere dieser Einheiten in sich vereinen.

[0033] Ebenso ist es möglich, die lineare Kraftführung durch ein Kurbelwellenprinzip zu ersetzen, wobei alle Kolben über Pleuelstangen an eine gemeinsame Kurbelwelle gekoppelt werden.

Patentansprüche

1. Kalorische Maschine, die mit einem Arbeitsmedium in zwei Arbeitstakten betrieben wird, umfassend:

- ◆ einen ersten Arbeitskolben (1), der in einem ersten Arbeitszylinder (2) läuft und über eine erste Schubstange (3) an einen Linearkraftübertragungsblock (4) gekoppelt ist, welcher in der Bewegungsrichtung des ersten Arbeitskolbens verschiebbar ist;
- ◆ einen ersten Ladekolben (7), der in einem ersten Ladezylinder (8) läuft und über eine parallel zur ersten Schubstange (3) angeordnete zweite Schubstange (9) an den Linearkraftübertragungsblock (4) gekoppelt ist;
- ◆ einen zweiten Arbeitskolben (11), der in einem zweiten Arbeitszylinder (12) in zum ersten Arbeitskolben (1) entgegengesetzter Arbeitsrichtung läuft und über eine dritte Schubstange (13) an den Linearkraftübertragungsblock (4) gekoppelt ist;
- ◆ einen zweiten Ladekolben (16), der in einem zweiten Ladezylinder (17) in zum ersten Ladekolben (7) entgegengesetzter Arbeitsrichtung läuft und über eine parallel zur dritten Schubstange (13) angeordnete vierte Schubstange (18) an den Linearkraftübertragungsblock (4) gekoppelt ist;
- ◆ einen Erwärmungshohlraum (20), in welchem dem Arbeitsmedium Wärme zugeführt wird; und
- ◆ einen Kühlhohlraum (21), in welchem dem Arbeitsmedium Wärme entzogen wird;

wobei während des ersten Arbeitstaktes das erwärmte Arbeitsmedium aus dem Erwärmungshohlraum (20) über ein erstes Arbeitsventil (26) in den ersten Arbeitszylinder (2) und aus dem zweiten Ar-

beitszylinder (12) über ein zweites Arbeitsventil (32) in den Kühlhohlraum (21) strömt, während das abgekühlte Arbeitsmedium aus dem Kühlhohlraum (21) über ein erstes Ladeventil (28) in den ersten Ladezylinder (8) und aus dem zweiten Ladezylinder (17) über ein zweites Ladeventil (30) in den Erwärmungshohlraum (20) strömt; und wobei während des zweiten Arbeitstaktes das erwärmte Arbeitsmedium aus dem Erwärmungshohlraum (20) über ein drittes Arbeitsventil (33) in den zweiten Arbeitszylinder (12) und aus dem ersten Arbeitszylinder (2) über ein viertes Arbeitsventil (35) in den Kühlhohlraum (21) strömt, während das abgekühlte Arbeitsmedium aus dem Kühlhohlraum (21) über ein drittes Ladeventil (34) in den zweiten Ladezylinder (17) und aus dem ersten Ladezylinder (8) über ein viertes Ladeventil (36) in den Erwärmungshohlraum (20) strömt; und wobei während des ersten Arbeitstaktes das dritte und vierte Arbeitsventil (33, 35) und das dritte und vierte Ladeventil (34, 36) geschlossen sind und während des zweiten Arbeitstaktes das erste und zweite Arbeitsventil (26, 32) und das erste und zweite Ladeventil (27, 30) geschlossen sind.

2. Kalorische Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Erwärmungshohlraum (20) und Kühlhohlraum (21) jeweils ein konstantes Volumen besitzen.

3. Kalorische Maschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Linearkraftübertragungsblock (4) ein durch Führungssäulen (41) und Führungshülsen (40) verschiebbar gelagertes Gestell ist, welches auf einer ersten Seite (5) an den ersten Arbeitskolben (1) und den ersten Ladekolben (7) und an einer zweiten, der ersten gegenüberliegenden Seite (14) an den zweiten Arbeitskolben (11) und den zweiten Ladekolben (16) gekoppelt ist.

4. Kalorische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß alle Ventile (26, 27, 30, 32-36) mechanisch vom Linearkraftübertragungsblock (4) betätigt werden.

5. Kalorische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß am Linearkraftübertragungsblock (4) eine Zahnstange (50) angeordnet ist, in die zwei gegenläufig wirkende Freilaufgetriebe (52, 53) eingreifen, die ihrerseits mit einem Zahnrad (54) in Eingriff stehen, so daß die alternierende Linearbewegung in eine kontinuierliche Drehbewegung umgesetzt wird.

6. Kalorische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß am Linearkraftübertragungsblock eine langgestreckte elektrische Erregerwicklung angeordnet ist, die in umgeben-

den elektrischen Spulen linear bewegt wird, so daß in diesen Spulen eine elektrische Spannung induziert wird.

7. Kalorische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Erwärmungshohlraum (20) als Sonnenkollektor ausgebildet ist. 5
8. Motoreinheit zur Bereitstellung mechanischer Energie, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei kalorische Maschinen nach einem der Ansprüche 1 bis 7 zusammengeschaltet sind. 10
9. Motoreinheit nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß vier kalorische Maschinen, die jeweils um 90° phasenversetzt arbeiten, zusammengeschaltet sind. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

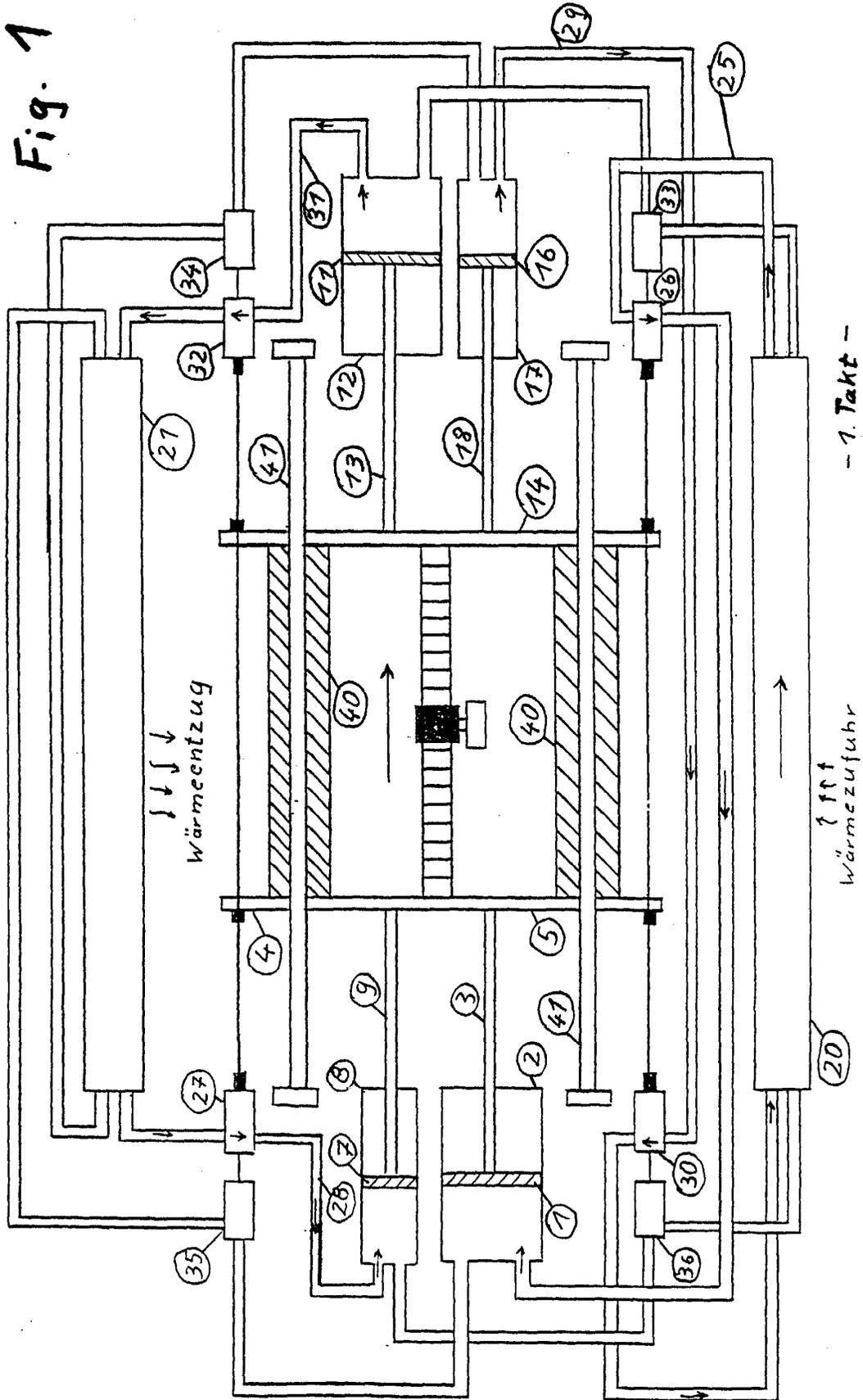


Fig. 2

