

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 490/2017
(22) Anmeldetag: 20.12.2017
(45) Veröffentlicht am: 15.01.2020

(51) Int. Cl.: **F02G 1/043** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 19945679 C1

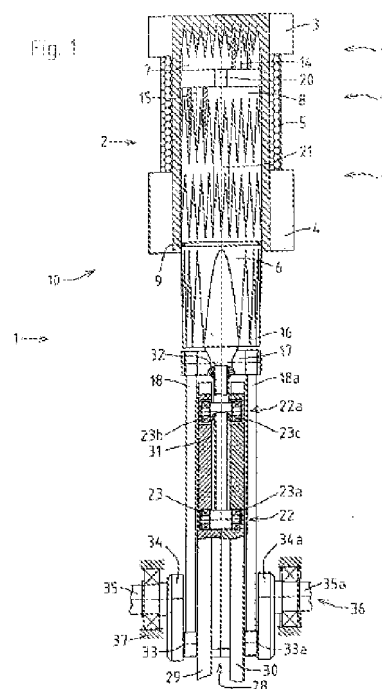
(73) Patentinhaber:
Spiesberger Alfred
4611 Buchkirchen (AT)

(72) Erfinder:
Spiesberger Alfred
4611 Buchkirchen (AT)

(74) Vertreter:
Hübscher Helmut Dipl.Ing., Hübscher Gerd
Dipl.Ing., Hellmich Karl Winfried Dipl.Ing.,
4020 Linz (AT)

(54) Kolbenmaschine

(57) Kolbenmaschine (1) zur Umwandlung von Wärme in Arbeit oder zum Heizen oder Kühlen durch Aufwendung von Arbeit mit einer Kammer (10), einem Arbeitskolben (6) und zumindest einem Verdrängerkolben (7, 8), welcher das Arbeitsmedium von einem Bereich (11, 12, 13) der Kammer (10) zu einem weiteren Bereich (11, 12, 13) der Kammer (10) verschiebt, wobei zumindest zwei der Bereiche (11, 12, 13) unterschiedliche Temperaturniveaus aufweisen und der Verdrängerkolben (7, 8) zwischen zwei benachbarten der Bereiche (11, 12, 13) angeordnet ist. Um eine Kolbenmaschine bereitzustellen, die einen annähernd idealen Carnot-Prozess mit gutem mechanischen Wirkungsgrad umsetzen kann, wird vorgeschlagen, dass in der Kammer (10) zwei Verdrängerkolben (7, 8) angeordnet sind und die Kammer (10) drei Bereiche (11, 12, 13) aufweist, wobei die Verdrängerkolben (7, 8) und der Arbeitskolben (6) im Wesentlichen in Hubrichtung des Arbeitskolbens (6) gereiht angeordnet sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Kolbenmaschine zur Umwandlung von Wärme in Arbeit oder zum Heizen oder Kühlen durch Aufwendung von Arbeit

mit einer innen röhrenförmig und mit einem zumindest teilweise verschlossenen Ende ausgebildeten Halbkammer,

mit einem in einer Kavität der Halbkammer beweglich angeordneten Arbeitskolben,

mit einer wenigstens die Halbkammer zumindest abschnittsweise und den Arbeitskolben zumindest abschnittsweise umfassenden Kammer, welche ein vorrangig durch den Arbeitskolben im Ausmaß variierbares und von einem Arbeitsmedium einnehmbares Hohlraumvolumen umgibt, wobei dem Arbeitskolben ein mit dem Arbeitskolben wechselwirkungsfähiges Arbeits-Betätigungsmittel für eine Bewegung des Arbeitskolbens zugeordnet ist,

mit zumindest einem vom Arbeitskolben in der Kavität der Halbkammer eingeschlossenen, in der Kavität der Halbkammer beweglich angeordneten Verdrängerkolben, welcher ebenfalls von der Kammer zumindest abschnittsweise umfasst ist und welcher in einem Betriebsmodus der Kolbenmaschine wiederholt das Arbeitsmedium oder zumindest einen Anteil des Arbeitsmediums von einem Bereich der Kammer zu einem weiteren Bereich der Kammer verschiebt, wobei die Kammer zumindest diese zwei Bereiche aufweist und die Bereiche jeweils einen im Folgenden als Bereichsvolumen bezeichneten Anteil des Hohlraumvolumens umgeben, und

mit zumindest einem Verbindungskanal zur Verbindung von zumindest zwei der Bereichsvolumina,

wobei im Betriebsmodus zumindest zwei der Bereiche zueinander unterschiedliche Temperaturniveaus aufweisen und

wobei sich die Bereiche der Kammer dadurch auszeichnen, dass im Betriebsmodus in den Bereichsvolumina von je zwei benachbarten der Bereiche unterschiedliche thermodynamische Zustandsänderungen des im Betriebsmodus im jeweiligen der Bereichsvolumina enthaltenen Arbeitsmediums eines zumindest ungefähren thermodynamischen Kreisprozesses ausführbar sind und wobei der Verdrängerkolben im Wesentlichen zwischen den Bereichsvolumina von zwei benachbarten der Bereiche angeordnet ist und dem Verdrängerkolben ein mit dem Verdrängerkolben wechselwirkungsfähiges Verdränger-Betätigungsmittel für eine Bewegung des Verdrängerkolbens zugeordnet ist, sowie ein Verfahren zum Betreiben einer, insbesondere dieser Kolbenmaschine.

[0002] Die gebräuchlichsten und bekanntesten Kolbenmaschinen zur Umwandlung von Wärme in Arbeit sind KFZ-Motoren wie der Dieselmotor oder der Ottomotor. Der diesen Maschinen zugrunde liegende thermodynamische Kreisprozess ist der Diesel-Prozess, der Otto-Prozess oder allgemein der Seiliger-Prozess. Der bevorzugte Vergleichsprozess der vorliegenden Erfindung, d. h. jener thermodynamische Kreisprozess, den die vorliegende Erfindung bevorzugt annähert, ist demgegenüber der an sich bekannte Carnot-Prozess. Dieser beschreibt das physikalische Maximum der Umwandlung von Wärme in mechanische Energie bei gegebenen Wärmequellen und -senken. Folglich haben sowohl die den zuvor genannten Kreisprozessen wie auch beispielsweise die den in Verbindung mit Strömungsmaschinen bekannten Joul-, Ericson- oder Clausius-Rankine-Prozessen nachgebildeten Maschinen einen inhärent suboptimalen Wirkungsgrad. Eine Ausnahme hiervon bilden Stirlingmaschinen, deren Vergleichsprozess der Stirling-Prozess ist, da hier durch die Verwendung eines als perfekt funktionierend angenommenen Regenerators theoretisch derselbe Wirkungsgrad erreichbar wäre wie beim Carnot-Prozess. Jedoch hat sich diese Möglichkeit vielfach als nachteilig erwiesen, weil der Regenerator während eines Arbeitsspiels, welches der von den betreffenden Bauteilen einer Kolbenmaschine vollzogene Bewegungsablauf für die einmalige Abfolge der den Kreisprozess kennzeichnenden thermodynamischen Zustandsänderungen des Arbeitsmediums samt etwaigen Zwischentakten oder Arbeitsschritten ist, niemals die gespeicherte Wärme zur Gänze wieder abgeben kann und durch den Regenerator selbst große Tot- oder Schadräume entstehen.

[0003] Die DE000002617971C2 zeigt eine Wärmepumpe beziehungsweise eine Kolbenmaschine nach dem Stirling-Prinzip mit zwei in einem Behälter respektive einer Halbkammer getrennt bewegbaren Kolben (Arbeits- und Verdrängerkolben), von denen der erste Kolben mit dem zweiten Kolben einen Kompressionsraum respektive ein Bereichsvolumen eines den Arbeitskolben, den Verdrängerkolben und die Halbkammer zumindest abschnittsweise umfassenden Bereichs einer zumindest den Arbeitskolben und die Halbkammer zumindest abschnittsweise umfassenden Kammer und der zweite Kolben mit dem Behälter einen Expansionsraum respektive ein weiteres Bereichsvolumen eines weiteren, den Verdrängerkolben und die Halbkammer zumindest abschnittsweise umfassenden Bereichs der Kammer bildet, wobei diese beiden Arbeitsräume respektive Bereiche jeweils einen Wärmeaustauscher aufweisen und das Gas respektive Arbeitsmedium bei der Strömung von dem Expansionsraum in den Kompressionsraum und umgekehrt einen Regenerator durchläuft, und mit in jedem der beiden Arbeitsräume (Kompressions- und Expansionsraum) respektive Bereiche angeordneten Zusatzverdrängern respektive Verwirbelungsscheiben, deren Antrieb während des Arbeitsprozesses in dem betreffenden Arbeitsraum vor- oder nachlaufend zu dem betreffenden Kolben erfolgt, sodass der jeweilige Zusatzverdränger respektive die jeweilige Verwirbelungsscheibe während des betreffenden Arbeitsprozesses das in dem betreffenden Arbeitsraum respektive Bereichsvolumen des betreffenden Bereichs befindliche Gasvolumen respektive Arbeitsmedium mindestens einmal durch den zugehörigen, geeignete Öffnungen aufweisenden Wärmeaustauscher drückt, wobei jedoch das Arbeitsmedium in dem Bereichsvolumen des jeweiligen Bereichs beziehungsweise beim jeweiligen Bereich der Kammer verbleibt und somit die als Zusatzverdränger bezeichnete Verwirbelungsscheibe nicht als Verdrängerkolben im Sinne der vorliegenden Erfindung gesehen werden kann.

[0004] Es wird festgestellt, dass der erwähnte Zusatzverdränger aus DE000002617971C2 die in einem der Arbeitsräume stattfindende thermodynamische Zustandsänderung eines Kreisprozesses optimiert und ein Verdrängerkolben im Sinne der vorliegenden Erfindung das Arbeitsmedium von einem Bereich zu einem weiteren Bereich der Kammer verschiebt, wo eine andere Zustandsänderung eines Kreisprozesses ausgeführt beziehungsweise angenähert wird als beim vorhergehenden Bereich der Kammer.

[0005] Weiters sei an dieser Stelle bemerkt, dass sich im Sinne der vorliegenden Erfindung die Bereiche der Kammer dadurch auszeichnen, dass im Betriebsmodus in den Bereichsvolumina von je zwei benachbarten der Bereiche unterschiedliche thermodynamische Zustandsänderungen des im Betriebsmodus im jeweiligen der Bereichsvolumina enthaltenen Arbeitsmediums eines zumindest ungefähren thermodynamischen Kreisprozesses ausgeführt werden, wobei zwei isotherme beziehungsweise isotherm angenäherte Zustandsänderungen dennoch unterschiedlich sein können, und zwar dann, wenn sich beispielsweise die eine isotherme Zustandsänderung im Gebiet der oberen und die andere im Gebiet der unteren Prozesstemperatur eines thermodynamischen Kreisprozesses bewegt.

[0006] Nachteilig bei der in der DE000002617971C2 beschriebenen Maschine ist, dass mit den beiden Arbeitsräumen (Kompressions- und Expansionsraum) als der für diese Maschine effektivste Kreisprozess lediglich der Stirling-Prozess mehr oder weniger angenähert werden kann und dass, um den Wirkungsgrad etwas zu verbessern, der erwähnte Regenerator vom Arbeitsgas durchströmt werden muss, wodurch schädlicher Totraum gebildet wird und zudem erhebliche Strömungsverluste entstehen, was sich in beiden Fällen nachteilig auf den Wirkungsgrad auswirkt. Weiters nachteilig ist, dass, um einen akzeptablen Wärmeaustausch mit dem Arbeitsgas zu erreichen, ein aufwändiger Verwirbelungsmechanismus, der im Bereichsvolumen des jeweiligen Bereichs der Kammer das Arbeitsgas mit jedem Zyklus mehrfach durch einen die Strömung bremsenden Wärmeaustauscher drückt, vorgesehen werden muss.

[0007] Die aus der US 6,698,200 B1 bekannte Wärmekraftmaschine ist wie eine Stirlingmaschine mit einer einen Zylinder und einen im Zylinder beweglich angeordneten Arbeitskolben umfassenden Kammer, einem in dem Zylinder beweglich angeordneten Verdrängerkolben, einem Regenerator, einem heißen und einem kalten Bereich der Kammer und mit den Kolben betriebsmäßig wechselwirkenden Betätigungsmitteln aufgebaut, wobei die Betätigungsmittel als

Kurvenscheiben ausgeführt sind. Aufgrund der unterschiedlich gestaltbaren Kurvenscheiben ist eine Annäherung unterschiedlicher Kreisprozesse denkbar.

[0008] Nachteilig bei der in der US 6,698,200 B1 beschriebenen Maschine ist, dass die Möglichkeit der Annäherung unterschiedlicher Kreisprozesse stark eingeschränkt ist, da mit den lediglich zwei Betätigungsmitteln nur zwei Bewegungsprofile für die zwei Kolben zur Verfügung stehen, wodurch außer dem Variieren des Hohlraumvolumens das im Hohlraumvolumen befindlichen Arbeitsmedium auf nur zwei, im Folgenden auch als Kammerbereiche bezeichnete Bereiche der Kammer, in denen Zustandsänderungen ausgeführt werden können, aufgeteilt werden kann.

[0009] Insbesondere die Umsetzung einer isentropen Zustandsänderung gestaltet sich eigentlich unmöglich, da aufgrund des einen beheizten und des anderen gekühlten Kammerbereichs während der angestrebten Zustandsänderung ein Wärmeübertrag, bei dem das Arbeitsmedium Wärme aufnimmt, oder ein Wärmeübertrag, bei dem das Arbeitsmedium Wärme abgibt, stattfindet, und Entropie ja gemeinsam mit Wärme übertragen wird. Auch wenn die beiden Kammerbereiche auf konstanten, aber unterschiedlichen Temperaturen gehalten werden, wird bei einer Volumenänderung ein Wärmeübertrag stattfinden, bei dem das Arbeitsmedium Wärme aufnimmt oder abgibt, da die bei dieser Maschine erwähnte thermische Isolation nicht zwischen dem Arbeitsmedium und der erwähnten Wärmequelle beziehungsweise dem erwähnten Kühlkörper angeordnet ist. Weiters befindet sich im Verdrängerkolben der Regenerator, der, wenn er vom Arbeitsmedium durchströmt wird, seinem Zweck entsprechend mit diesem Wärme und dadurch Entropie austauscht.

[0010] Bei der aus der EP000002986837B1 bekannten Maschine sind drei Betätigungsmittel für drei Arbeitskolben vorgeschlagen. Weiters weist diese Maschine innerhalb einer Kammeranordnung gleich drei mittels Verbindungskanälen verbundene Kammern mit jeweils nur einem Kammerbereich auf. Jede der drei Kammern ist im Wesentlichen durch eine Halbkammer und dem bereits erwähnten, für das Arbeitsmedium undurchlässigen, in der Halbkammer beweglich angeordneten Arbeitskolben gebildet, welcher die Halbkammer verschließt. Die Arbeitskolben der aus der EP000002986837B1 bekannten Maschine werden mit dem vollen Kolbenquerschnitt vom durch das Arbeitsmedium erzeugten Druck beaufschlagt.

[0011] Arbeitskolben haben im Vergleich zu Verdrängerkolben die vorrangige Aufgabe, das Hohlraumvolumen einer Kammer zu variieren. Hingegen ist die vorrangige Aufgabe der Verdrängerkolben, ein Arbeitsmedium von einem Bereich einer Kammer zu einem anderen Bereich der Kammer zu verschieben, wobei aber nicht notwendigerweise gemeint ist, dass dabei das ganze Arbeitsmedium verschoben wird, weil ja ein gewisser Anteil des Arbeitsmediums in den Verbindungskanälen und/oder den etwaigen Regeneratoren verbleibt. Wird ein Verdrängerkolben mittels einer durch den Arbeitskolben dringenden Kolbenstange betätigt, so wird durch die Bewegung des Verdrängerkolbens wegen der in den Hohlraum der Kammer eintauchenden beziehungsweise aus dem Hohlraum der Kammer austretenden Kolbenstange ebenfalls das Hohlraumvolumen der Kammer verändert, wobei diese Änderung des Hohlraumvolumens der Änderung des Hohlraumvolumens durch den Arbeitskolben untergeordnet ist. Andererseits wird die durch den vom Arbeitsmedium hervorgerufenen Arbeitsdruck beaufschlagte Fläche des Arbeitskolbens durch die besagte, mit dem Verdrängerkolben verbundene Kolbenstange verkleinert, was den vorrangigen Aufgaben von Arbeitskolben und Verdrängerkolben nicht schadet. Aufgrund der vorrangigen Aufgabe eines Arbeitskolbens überträgt dieser betriebsmäßig auch den größten Anteil der mit dem Arbeitsmedium getauschten Leistung, wodurch enorme resultierende Gaskräfte auf den Arbeitskolben und das mit dem Arbeitskolben wechselwirkende Betätigungsmittel ausgeübt werden.

[0012] Nachteilig bei der in der EP000002986837B1 beschriebenen Maschine ist also, dass alle Betätigungsmittel ausschließlich mit Arbeitskolben wechselwirken, wodurch hohe Kräfte und starke Rollreibung zwischen den beschriebenen Laufrollen und Kurvenscheiben auftreten und große Verluste verursacht werden. Der dadurch verminderte Wirkungsgrad liegt nur mehr in der Größenordnung von Stirlingmaschinen nach dem Stand der Technik. Eine weitere, den gleichen

Nachteil aufweisende Wärmekraftmaschine, ist aus der DE 19945679 C1 bekannt, wobei sich die in diesem Stand der Technik beschriebenen Kolben nicht eindeutig als Arbeits- und Verdrängerkolben analog dem eingangs geschilderten Stand der Technik zuordnen lassen, da den Kolben in Bezug auf die Änderung des Hohlraumvolumens einerseits und die Arbeitsgasverschiebung andererseits keine vorrangige Aufgabe zukommt. Es liegt also ein anderer Aufbau der Wärmekraftmaschine vor.

[0013] Aus der DE000019534379A1 ist bekannt, dass in einem Gehäuse zwei Verdrängerkolben respektive Verdrängerplatten und ein Arbeitskolben angeordnet sind, um das in den einzelnen Kammern vorgesehene Arbeitsgas durch die Bewegung der Verdrängerplatten abwechselnd nur in Kontakt mit warmen oder kalten Kammerwänden zu bringen, wobei sich die Verdrängerplatten in benachbarten Arbeitszellen entgegengesetzt bewegen, woraus zwei getrennte Verdrängerstapel resultieren.

[0014] In Aufbau und Funktionsweise unterscheidet sich jedoch die in der DE000019534379A1 beschriebene thermodynamische Maschine stark von der hier offenbarten Maschine, da beispielsweise die in der DE000019534379A1 beschriebene Maschine für das Erreichen des dort angegebenen Carnot-Wirkungsgrades unbedingt einen Regenerator benötigt, was unter anderem durch die dortige Aussage, dass die während der isochoren Zustandsänderungen involvierten Wärmemengen gegenseitig kompensiert werden, belegt wird. Zudem wird mit der dortig beschriebenen Maschine der Stirling-Kreisprozess angestrebt, wogegen die hier offenbarte Maschine den Carnot-Kreisprozess verfolgt und nicht nur keinen Regenerator benötigt, sondern dieser sogar für den Wirkungsgrad schädlich wäre. Des Weiteren ist es bei der dortig beschriebenen Maschine unmöglich, dass sich die zwei Verdrängerkolben berühren, weil zwischen ihnen immer eine Kammerwand angeordnet ist. Darüber hinaus können sich die Verdrängerkolben auch nicht aneinanderliegend synchron bewegen, was zusätzlich die gänzlich unterschiedlichen Funktionsweisen der dortig beschriebenen Maschine und der hier offenbarten Maschine unterstreicht.

[0015] Als weiteres Unterscheidungsmerkmal sei auch noch die Ausgestaltung der inneren Form der Halbkammer respektive des dortigen Gehäuses erwähnt. Bei der hier offenbarten Maschine ist die Halbkammer innen röhrenförmig ausgebildet, wogegen bei der in der DE000019534379A1 beschriebenen Maschine an der Stelle, wo die Hubbereiche von Verdrängerkolben und Arbeitskolben zusammenkommen, eine wesentliche Querschnittsänderung ausgebildet ist, weshalb das in der DE000019534379A1 offenbarte Gehäuse keinesfalls innen röhrenförmig ausgebildet ist.

[0016] Ein wichtiger Vorteil der innen röhrenförmig ausgebildeten Halbkammer liegt darin, dass hinsichtlich der geometrischen Spezifikation der von der Kolbendichtung des Arbeitskolbens oder einem vergleichbarem Element durchfahrene Abschnitt der Halbkammer auch von einem der Verdrängerkolben oder zumindest von einem Abschnitt eines der Verdrängerkolben durchfahren werden kann.

[0017] Wenn dieser wichtige Vorteil gegeben ist, liegt eine innen röhrenförmig ausgebildete Halbkammer auch dann noch vor, wenn die Halbkammer innen etwa leicht konisch ausgebildet ist und/oder wenn die Halbkammer innen etwa leicht stufig ausgebildet ist, und/oder wenn die Halbkammer innen etwa lokale Ausbuchtungen aufweist, wobei es zudem keine Rolle spielt, ob die Halbkammer an einem Ende verschlossen ist oder nicht.

[0018] Das Paradebeispiel einer innen röhrenförmig ausgebildeten Halbkammer stellt eine innen rein zylinderförmige Halbkammer dar, wobei die Zylinderform nicht ausschließlich eine Kreiszylinderform bedeutet, sondern der zugrunde gelegte Zylinder beispielsweise auch eine ovale Grundfläche aufweisen kann.

[0019] Jedenfalls lässt dieser wichtige Vorteil den Kolben größtmögliche Bewegungsfreiheit zukommen. Wenn zum Beispiel der Verdrängerkolben dem Arbeitskolben bei seiner Hubbewegung ganz dicht in bestimmte Abschnitte der Halbkammer folgen kann, erreicht man, dass beispielsweise beim Carnot-Kreisprozess während gewisser Arbeitstakte beziehungsweise

Phasen Schadraum zwischen Verdränger- und Arbeitskolben effizient vermieden werden kann. Bei der in der DE000019534379A1 beschriebenen Maschine ist es nicht möglich, aber auch nicht erforderlich, dass ein Verdrängerkolben dem Arbeitskolben folgen kann, weil die dortige Maschine sowohl eine andere Funktionsweise als auch eine andere Bauweise als die hier offenbarte Maschine aufweist.

[0020] Es zeigt sich, dass sich die oben angeführten Maschinen nach dem bisherigen Stand der Technik entweder zur Nachbildung des Carnot-Prozesses nicht eignen, oder dass eine gute Annäherung des Carnot-Prozesses durch die hohen mechanischen Verluste der vorgeschlagenen Bauweise wieder nicht zu einem höheren Gesamtwirkungsgrad führt als jener, der von Stirlingmaschinen bekannt ist.

[0021] Dementsprechend ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Kolbenmaschine bereitzustellen, die einen annähernd idealen Carnot-Prozess mit gutem mechanischen Wirkungsgrad umsetzen kann, indem sie Strömungsverluste des Arbeitsmediums so weit wie möglich reduziert, für die Umsetzung mehrerer unterschiedlicher, insbesondere für den Carnot-Prozess erforderlicher, Zustandsänderungen des Arbeitsmediums geeignet ist, bestimmte Bereiche für eine optimale Wärmeübertragung - welche je nach Anforderung beispielsweise gering oder hoch sein kann - zwischen dem Arbeitsmedium und den mit diesem in Kontakt tretenden Oberflächen bereitstellt, mechanische Verluste weitestgehend minimiert und an die idealen Zustandsänderungen des Carnot-Prozesses angepasste Bewegungen der Kolben ermöglicht.

[0022] Diese Aufgabe wird bei einer Kolbenmaschine der eingangs angeführten Art dadurch gelöst, dass in der Kavität der Halbkammer zwei Verdrängerkolben angeordnet sind, wobei die zwei Verdrängerkolben einzeln im Folgenden als der erste Verdrängerkolben und als der zweite Verdrängerkolben bezeichnet werden, wobei der erste Verdrängerkolben im Wesentlichen zwischen dem zumindest teilweise verschlossenen Ende der Halbkammer und dem zweiten Verdrängerkolben und der zweite Verdrängerkolben im Wesentlichen zwischen dem ersten Verdrängerkolben und dem Arbeitskolben angeordnet sind und wobei die Verdrängerkolben und der Arbeitskolben im Wesentlichen in Hubrichtung des Arbeitskolbens gereiht angeordnet sind, und dass die Kammer drei Bereiche, welche einzeln im Folgenden als der erste Bereich, als der zweite Bereich und als der dritte Bereich bezeichnet werden, aufweist.

[0023] Dadurch kann das Arbeitsmedium zu mehreren, den jeweiligen unterschiedlichen Zustandsänderungen angepassten Bereichen der Kammer verschoben werden, und es kann sowohl für eine isotherme Zustandsänderung bei der oberen Prozesstemperatur, als auch für isentrope Zustandsänderungen, als auch für eine isotherme Zustandsänderung bei der unteren Prozesstemperatur jeweils ein den Erfordernissen der betreffenden Zustandsänderungen entsprechender Bereich zur Verfügung gestellt werden, wobei sich das Bereichsvolumen des ersten Bereichs im Wesentlichen zwischen dem zumindest teilweise verschlossenen Ende der Halbkammer und dem ersten Verdrängerkolben erstreckt und der erste Bereich den ersten Verdrängerkolben zumindest abschnittsweise und die Halbkammer zumindest abschnittsweise umfasst und wobei sich das Bereichsvolumen des zweiten Bereichs im Wesentlichen zwischen dem ersten Verdrängerkolben und dem zweiten Verdrängerkolben erstreckt und der zweite Bereich den ersten Verdrängerkolben zumindest abschnittsweise und den zweiten Verdrängerkolben zumindest abschnittsweise sowie die Halbkammer zumindest abschnittsweise umfasst und wobei sich das Bereichsvolumen des dritten Bereichs im Wesentlichen zwischen dem zweiten Verdrängerkolben und dem Arbeitskolben erstreckt und der dritte Bereich den zweiten Verdrängerkolben zumindest abschnittsweise und den Arbeitskolben zumindest abschnittsweise sowie die Halbkammer zumindest abschnittsweise umfasst.

[0024] Dementsprechend wird bei einem Verfahren der eingangs angeführten Art, insbesondere bei einem Verfahren zum Betreiben einer erfindungsgemäßen Kolbenmaschine, die gestellte Aufgabe dadurch gelöst, dass in der Kavität der Halbkammer zwei Verdrängerkolben angeordnet sind, wobei die Verdrängerkolben und der Arbeitskolben im Wesentlichen in Hubrichtung des Arbeitskolbens gereiht angeordnet sind, und dass sowohl während einer synchronen Phase

jeder der zwei Verdrängerkolben und der Arbeitskolben in Hubrichtung im Wesentlichen synchron bewegt werden als auch während zweier teilsynchroner Phasen jeweils nur einer der zwei Verdrängerkolben mit dem Arbeitskolben in Hubrichtung im Wesentlichen synchron bewegt wird als auch während einer asynchronen Phase jeder der zwei Verdrängerkolben mit dem Arbeitskolben in Hubrichtung im Wesentlichen nicht synchron bewegt wird, wobei zumindest die vier genannten Phasen wiederholt ausgeführt werden.

[0025] Um eine isentrope Zustandsänderung des Arbeitsmediums in einem bestimmten Bereich der Kammer besser als in einem anderen Bereich der Kammer annähern zu können und auch die wichtigen kurzen, insbesondere der Abfolge von Zustandsänderungen eines Carnot-Kreisprozesses angepassten Strömungswege des Arbeitsmediums innerhalb der Kammer zu erreichen als auch einen unerwünschten Wärmetransport zwischen Bereichen mit zueinander unterschiedlichen Temperaturniveaus zu minimieren, ist es vorteilhaft, wenn der zweite Bereich aufgrund seiner Formgebung im arithmetischen Mittel einen größeren, insbesondere einen zumindest 1,5 mal größeren Abstand zwischen einem Punkt einer Menge von beliebig vielen, gemäß einer Gleichverteilung in seinem auf ein Bezugsvolumen ausgedehnten Bereichsvolumen verteilten Punkten und seiner inneren Berandung aufweist als jeder der anderen der Bereiche, wobei das Bezugsvolumen das kleinere der beiden von den miteinander verglichenen der Bereiche im Betriebsmodus erreichten maximalen Bereichsvolumina ist und wobei sich der Abstand als Länge der kürzesten Verbindungslinie definiert und wobei sich die innere Berandung des Bereichs aus den das Bereichsvolumen begrenzenden physischen inneren Oberflächen des Bereichs und aus den virtuellen Durchtrittsflächen für das Arbeitsmedium in die Verbindungskanäle zu den benachbarten der Bereiche ergibt und wobei im Falle unterschiedlicher für diesen Abstand erhaltener Ergebnisse, welche von der jeweiligen Anzahl der Punkte der Menge beeinflusst werden, das statistisch zuverlässigste Ergebnis herangezogen wird.

[0026] Zur Minimierung eines unerwünschten Wärmetransports zwischen Bereichen mit zueinander unterschiedlichen Temperaturniveaus ist es nützlich, wenn zwischen den zwei Bereichen mit zueinander unterschiedlichen Temperaturniveaus ein Bereich für eine Zustandsänderung mit veränderlicher Temperatur des Arbeitsmediums, beispielsweise ein Bereich für eine isentrope Zustandsänderung, angeordnet wird, weil dadurch der dazwischen platzierte Bereich ein gemäßigtes Temperaturniveau erhält.

[0027] Zudem ist es günstig, die Expansion und/oder Kompression bei den isentropen Zustandsänderungen durch rasche Kolbenbewegungen vergleichsweise zu den anderen Zustandsänderungen schnell ablaufen zu lassen, um eine unerwünschte Wärmeübertragung zwischen Arbeitsmedium und dem zweiten Bereich zu minimieren.

[0028] Wenn die Verdränger-Betätigungsmittel und das Arbeits-Betätigungsmittel aufgrund ihrer Ausgestaltungen zumindest zur Festlegung sowohl einer synchronen Phase, in der jeder der zwei Verdrängerkolben und der Arbeitskolben in Hubrichtung im Wesentlichen synchron laufen, als auch zweier teilsynchroner Phasen, in denen jeweils nur einer der zwei Verdrängerkolben mit dem Arbeitskolben in Hubrichtung im Wesentlichen synchron läuft, als auch einer asynchronen Phase, in der jeder der zwei Verdrängerkolben mit dem Arbeitskolben in Hubrichtung im Wesentlichen nicht synchron läuft, ausgebildet sind, wobei zumindest die vier genannten Phasen wiederholt ausführbar sind, kann günstigerweise ein überwiegender Teil des Arbeitsmediums nacheinander in einen einzelnen Bereich der Kammer befördert werden, um jeweils in diesem eine dem Bereich angepasste Zustandsänderung auszuführen.

[0029] Um das Arbeits-Betätigungsmittel, welches der hohen Belastung durch den Arbeitskolben ausgesetzt ist, möglichst reibungsarm auszuführen und gleichzeitig durch die Verdränger-Betätigungsmittel hoch dynamische Bewegungen der Verdrängerkolben zu realisieren, ist es sinnvoll, wenn das Arbeits-Betätigungsmittel als Kurbelwelle und die Verdränger-Betätigungsmittel als elektromagnetische Aktuatoren inklusive Regelungseinheiten ausgestaltet sind.

[0030] Weiters ist es vorteilhaft, wenn aufgrund der Ausgestaltungen des Arbeits-Betätigungsmittels und der Verdränger-Betätigungsmittel im Betriebsmodus der Kolbenmaschine während eines Zyklus des Kreisprozesses das vom zweiten Bereich erreichte maximale Bereichsvolu-

men größer ist als das von einem der anderen der Bereiche erreichte maximale Bereichsvolumen, weil dadurch das für die isentrope Zustandsänderung, welche vorzugsweise im Bereichsvolumen des zweiten Bereichs vollzogen wird, erforderliche und im Vergleich zu einem anderen der Bereiche größere Volumen zur Verfügung steht.

[0031] Zur thermischen Schonung des Dichtungselements des Arbeitskolbens ist es sinnvoll, wenn der Bereich mit dem im Betriebsmodus tiefsten der zueinander unterschiedlichen Temperaturniveaus den Arbeitskolben zumindest abschnittsweise umfasst.

[0032] Weil es dem natürlichen Temperaturverlauf von einem zum anderen der Bereiche mit zueinander unterschiedlichen Temperaturniveaus entspricht und dadurch Verluste minimiert werden, ist es sinnvoll, wenn im Betriebsmodus drei der Bereiche zueinander unterschiedliche Temperaturniveaus aufweisen, wobei das Temperaturniveau des zweiten Bereichs zwischen den Temperaturniveaus des ersten Bereichs und des dritten Bereichs liegt, weil durch entsprechend angeordnete wärmeleitfähige Elemente zumindest ein überwiegender Anteil einer der Kolbenmaschine im Betriebsmodus von außen zugeführten Wärmeleistung in einen der Bereiche mit den gegensätzlichsten Temperaturniveaus leitbar ist und zumindest ein überwiegender Anteil einer von der Kolbenmaschine im Betriebsmodus nach außen abgegebenen Wärmeleistung weg von dem anderen der Bereiche mit den gegensätzlichsten Temperaturniveaus leitbar ist, wobei hinsichtlich der von außen zugeführten und nach außen abgegebenen Wärmeleistungen die Kolbenmaschine als ein thermodynamisches System zu sehen ist.

[0033] Wenn die beiden annähernd isentropen Zustandsänderungen eines Carnot-Kreisprozesses in Summe schneller, insbesondere zumindest zweimal schneller, durchgeführt werden als in Summe die beiden dem Carnot-Kreisprozess zugehörigen, annähernd isothermen Zustandsänderungen, dann kann vorteilhafterweise dem Wärmeübertrag während der isothermen Zustandsänderung genügend Zeit gegeben werden, während einer Änderung der Entropie in der kurzen Zeit während der schnelleren isentropen Zustandsänderungen entgegengewirkt wird.

[0034] Eine Anpassung des vom Arbeitskolben überstrichenen Hubvolumens im Betriebsmodus der Kolbenmaschine durch das mit dem Arbeitskolben wechselwirkende Arbeits-Betätigungsmittel sowie eine Anpassung der Bewegungsabläufe der Verdrängerkolben durch die mit den Verdrängerkolben wechselwirkenden Verdränger-Betätigungsmittel können vorteilhafterweise eine bessere Anpassung an veränderliche Randbedingungen wie beispielsweise die zur Verfügung stehende Wärmeleistung bewirken. Dies bedeutet, dass nacheinander ausgeführte Kreisprozesse in Bezug auf ihre Zustandspunkte unterschiedlich sein können.

[0035] Um entwichenes Arbeitsmedium in das Hohlraumvolumen zurückströmen zu lassen und/oder zu ersetzen, kann ein in einer bestimmten Stellung des Arbeitskolbens geöffneter Überströmkanal zu einem Arbeitsmedium-Speichervolumen angeordnet sein.

[0036] Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand von besonders bevorzugten Ausführungsbeispielen, auf die sie jedoch nicht beschränkt ist, und unter Bezugnahme auf die Zeichnungen noch weiter erläutert.

[0037] In den Zeichnungen zeigen dabei im Einzelnen:

[0038] Fig. 1 eine schaubildliche Ansicht einer erfindungsgemäßen Kolbenmaschine mit zwei Verdrängerkolben, die jeweils mit drehbaren Kurvenbahnen gekoppelt sind, und mit einem Arbeitskolben, der mit einer Kurbelwelle gekoppelt ist;

[0039] Fig. 2 eine schaubildliche Seitenansicht der in Fig. 1 dargestellten Kolbenmaschine; und

[0040] Fig. 3 ein qualitatives Diagramm der bevorzugten Bewegungen in Hubrichtung des Arbeitskolbens und der Verdrängerkolben der in den Fig. 1 und 2 dargestellten Kolbenmaschine.

[0041] Mit den Figuren 1 bis 3 wird eine Kolbenmaschine zur Umwandlung von Wärme in Arbeit oder zum Heizen oder Kühlen durch Aufwendung von Arbeit erläutert, wobei die Kolbenmaschine beispielhaft als Wärmekraftmaschine nach einem angenäherten Carnot-Kreisprozess be-

schrieben wird.

[0042] Wird die Kolbenmaschine als Wärmepumpe betrachtet, kehren sich unter anderem die Bewegungsabläufe und der Wärmefluss um, jedoch bleiben die lokalen Temperaturniveaus im Wesentlichen erhalten.

[0043] Im Folgenden werden zum einfacheren Verständnis sowohl bestimmte, zu identifizierende Einzelteile oder Baugruppen der Kolbenmaschine als auch bestimmte, zu identifizierende Abschnitte von Einzelteilen oder Baugruppen der Kolbenmaschine als auch Richtungsangaben hinsichtlich ihrer den Figuren 1 bis 3 entsprechenden, vertikalen Lage bzw. Richtung mit zusätzlichen Angaben wie beispielsweise „oberer“, „unterer“, „mittlerer“, „aufwärts“ und „abwärts“ genauer bezeichnet.

[0044] Die verwendeten Bezugszeichen sind weder als den beispielhaften Charakter der beschriebenen Ausführungsbeispiele noch als die Ausführungsbeispiele selbst einschränkend anzusehen, und sie sind nicht als Beschränkung des Umfangs des durch die Ansprüche geschützten Gegenstands beziehungsweise Verfahrens zu verstehen; sie dienen lediglich dem Zweck, die Erläuterungen und die Ansprüche leichter verständlich zu machen.

[0045] Die in Fig. 1 gezeigte Kolbenmaschine 1 weist eine innen röhrenförmig ausgebildete Halbkammer 2 auf, welche an ihrem verschlossenen Ende innen Zacken als Wärmeübertragungsflächen für eine maximale Wärmeübertragung aufweist.

[0046] Außen weist die Halbkammer 2 an ihren beiden Enden ebenfalls Wärmeübertragungsflächen auf, wobei oben die Heizrippen 3 zur Wärmeaufnahme von außen, das heißt von außerhalb des durch die Kolbenmaschine 1 dargestellten thermodynamischen Systems, und unten die Kühlrippen 4 zur Wärmeabgabe nach außen vorgesehen sind.

[0047] Günstig ist es, wenn die Halbkammer 2 im Abschnitt zwischen diesen äußeren Wärmeübertragungsflächen eine thermische Isolation 5 aufweist, welche außen und/oder innen an der Halbkammer 2 aufgebracht sein kann, und/oder wenn die Halbkammer 2 in diesem Abschnitt aus einem Material mit einer schlechten Wärmeleitfähigkeit und/oder geringer Wärmekapazität hergestellt ist. Die Halbkammer 2 kann auch mehrteilig ausgeführt werden und/oder abschnittsweise unterschiedliche Materialien aufweisen, um beispielsweise eine Anpassung an Zonen unterschiedlicher Temperaturniveaus vorzunehmen.

[0048] In der Halbkammer 2 sind beweglich sowohl ein Arbeitskolben 6 als auch zwei Verdrängerkolben 7, 8 angeordnet, wobei der Arbeitskolben 6 die zwei Verdrängerkolben 7, 8 in der Halbkammer 2 einschließt. Der Arbeitskolben 6 besitzt eine Ringnut, in der eine Kolbendichtung 9 angeordnet ist. Der Arbeitskolben 6, die Halbkammer 2 und die zwei Verdrängerkolben 7, 8 sind wesentliche Bestandteile einer Kammer 10.

[0049] Jener von der Kammer 10 gebildete Hohlraum, welcher für die Aufnahme des für den vorgesehenen Betrieb der Kolbenmaschine 1 erforderlichen Arbeitsmediums bestimmt ist, stellt das Hohlraumvolumen der Kammer 10 dar, welches in erster Linie durch die Hubbewegung des Arbeitskolbens 6 in seinem Ausmaß variiert wird.

[0050] Jeder der Verdrängerkolben 7, 8 unterteilt das Hohlraumvolumen der Kammer 10 in Bereichsvolumina, und jedes der Bereichsvolumina wird von einem bestimmten Bereich 11, 12, 13 der Kammer 10 umgeben, wobei sich die Bereiche 11, 12, 13 der Kammer 10 dadurch auszeichnen, dass im Betriebsmodus in den Bereichsvolumina von je zwei benachbarten der Bereiche 11, 12, 13 unterschiedliche thermodynamische Zustandsänderungen des im Betriebsmodus im jeweiligen der Bereichsvolumina enthaltenen Arbeitsmediums eines zumindest ungefähren thermodynamischen Kreisprozesses ausgeführt werden und wobei sich weiters die Verdrängerkolben 7, 8 dadurch auszeichnen, dass sie im Betriebsmodus der Kolbenmaschine 1 wiederholt das Arbeitsmedium oder zumindest einen Anteil des Arbeitsmediums von einem Bereich 11, 12, 13 der Kammer 10 zu einem weiteren Bereich 11, 12, 13 der Kammer 10 verschieben.

[0051] Die hier gezeigte Maschine weist drei Bereiche 11, 12, 13 auf: Der obere Bereich 11 hat

im in Fig. 1 dargestellten Zustand gerade ein Bereichsvolumen von etwa null Volumeneinheiten und umfasst im Wesentlichen den gezackten Abschnitt des oberen Verdrängerkolbens 7 sowie den oberen Abschnitt der Halbkammer 2 samt dem verschlossenen, innen gezackten Ende der Halbkammer 2, wobei die Zacken des oberen Verdrängerkolbens 7 und die inneren Zacken der Halbkammer 2 komplementär ausgeführt sind.

[0052] Der mittlere Bereich 12 umfasst im Wesentlichen von den beiden Verdrängerkolben 7, 8 jeweils den planen Abschnitt sowie den zirka mittig gelegenen Abschnitt der Halbkammer 2 und ist als der Bereich, in dessen Bereichsvolumen bevorzugt angenäherte isentrope Zustandsänderungen des Arbeitsmediums ausgeführt werden, ausgestaltet.

[0053] Der untere Bereich 13 beinhaltet im Wesentlichen die oberen Zacken des Arbeitskolbens 6, den gezackten Abschnitt des unteren Verdrängerkolbens 8 und den unteren Abschnitt der Halbkammer 2. Jeder der Verdrängerkolben 7, 8 kann über einen Verbindungskanal 14, 15 vom Arbeitsmedium durch- und/oder umströmt werden, wodurch das Arbeitsmedium bei der Bewegung eines Verdrängerkolbens 7, 8 vom kleiner werdenden Bereichsvolumen eines Bereiches 11, 12, 13 in das größer werdende Bereichsvolumen eines anderen Bereiches 11, 12, 13 gelangt, wobei es eine untergeordnete Rolle spielt, ob der jeweilige Verbindungskanal 14, 15 beispielsweise im betreffenden Verdrängerkolben 7, 8 und/oder in beziehungsweise an der Halbkammer 2 angeordnet ist.

[0054] In einer Ausführungsform weist der obere Verdrängerkolben 7 in seinem oberen Abschnitt zu den inneren Zacken der Halbkammer 2 komplementär geformte Zacken als Wärmeübertragungsflächen für eine maximale Wärmeübertragung auf. In Phasen, in denen der obere Verdrängerkolben 7 seinen oberen Totpunkt eingenommen hat, nehmen seine Zacken Wärme von den inneren Zacken der Halbkammer 2 auf, um sie anschließend bei seiner Abwärtsbewegung an das Arbeitsmedium abzugeben. Durch die ineinandergreifenden und komplementären Zacken wird erreicht, dass das betreffende Bereichsvolumen auf quasi null Volumeneinheiten reduziert werden kann und dass sich die die Zacken bildenden Oberflächen hinsichtlich ihrer rechtwinkligen Abstände zu ihren korrespondierenden Oberflächen bei einer nach unten gerichteten Hubbewegung des oberen Verdrängerkolbens 7 im Vergleich zur Hubstrecke nur wenig voneinander entfernen, wodurch das Arbeitsmedium immer nahe an den durch die Zacken gebildeten Wärmeübertragungsflächen bleibt und somit aufgrund eines sehr geringen Wärmewiderstandes eine besonders gute Wärmeübertragung zwischen Zacken und Arbeitsmedium stattfinden kann. Zusätzlich stellen die Zacken eine möglichst große Fläche zur Wärmeübertragung bereit. Der obere Bereich 11 ist daher, insbesondere im Vergleich zum mittleren Bereich 12, für isotherme Zustandsänderungen des Arbeitsmediums ausgebildet.

[0055] In der dargestellten Ausführungsform weist der obere Verdrängerkolben 7 in seinem unteren Abschnitt ebenso wie der obere Abschnitt des unteren Verdrängerkolbens 8 eine glatte, plane Fläche auf, was einen Wärmeaustausch mit dem Arbeitsmedium stark einschränkt, da die Atome beziehungsweise Moleküle des Arbeitsmediums im Mittel einen maximal großen Abstand zur inneren Berandung des mittleren Bereichs 12 aufweisen. Der mittlere Bereich 12 ist daher, insbesondere im Vergleich zum oberen Bereich 11 und zum unteren Bereich 13, für isentrope Zustandsänderungen des Arbeitsmediums ausgebildet.

[0056] Die Zacken des unteren Verdrängerkolbens 8 und die Zacken des oberen Abschnitts des Arbeitskolbens 6 funktionieren prinzipiell gleich wie die inneren Zacken der Halbkammer 2 und die Zacken des oberen Verdrängerkolbens 7, wobei in Phasen, in denen der untere Verdrängerkolben 8 und der Arbeitskolben 6 aneinander anliegen, ein Wärmeübertrag zwischen den Zacken des unteren Verdrängerkolbens 8 und den Zacken des oberen Abschnitts des Arbeitskolbens 6 stattfinden kann. Der untere Bereich 13 ist daher ebenfalls, insbesondere im Vergleich zum mittleren Bereich 12, für isotherme Zustandsänderungen des Arbeitsmediums ausgebildet.

[0057] Der Arbeitskolben 6 weist in der dargestellten Ausführungsform in seinem unteren Abschnitt zusätzlich zackig ausgeführte Kühlrippen 16 auf, über welche die Kolbenmaschine 1 ebenfalls Wärme nach außen abgibt.

[0058] Die zackigen Abschnitte der Verdrängerkolben 7, 8 und des Arbeitskolbens 6 können vorteilhafterweise aus einem Material mit guter Wärmeleitfähigkeit und/oder hoher Wärmekapazität, insbesondere aus Aluminium, hergestellt sein, wogegen die Abschnitte der Verdrängerkolben 7, 8 mit den glatten, planen Flächen günstigerweise aus einem Material mit schlechter Wärmeleitfähigkeit und/oder geringer Wärmekapazität, beispielsweise aus zellulärer Keramik mit geschlossener Porosität, produziert sein können.

[0059] Mit dem Arbeitskolben 6 ist an seinem unteren Ende eine Achse 17 verbunden, wobei an beiden Enden dieser Achse 17 jeweils ein Pleuelauge eines Pleuels 18, 18a drehbar gelagert ist. Es sind insgesamt zwei Pleuel 18, 18a angeordnet.

[0060] Weiters ist die Achse 17 beidseitig an ihren Stirnflächen mit einer Geradföhrung 19, welche in Fig. 1 nicht dargestellt ist, gekoppelt, weshalb durch eine Schrägstellung der Pleuel 18, 18a hervorgerufene Seitenkräfte von der Geradföhrung 19 aufgenommen werden, wodurch die Kolbenlaufbahn des Arbeitskolbens 6 und der Arbeitskolben 6 selbst entlastet werden und zudem ein Verdrehen des Arbeitskolbens 6 um seine Längsachse vermieden wird.

[0061] In der Gegend der Kolbendichtung 9 weist der Arbeitskolben 6 seine Lauffläche und seinen größten Durchmesser auf, wogegen sich der Arbeitskolben 6 beidseitig in Richtung seiner Zackenspitzen geringfügig verjüngt. Die Lauffläche des Arbeitskolbens 6 ist sehr kurz ausgeföhrt, wodurch das Kolbenspiel ausreicht, um etwaige Ungenauigkeiten in der Flucht der Bahn der Geradföhrung 19 zu der Kolbenlaufbahn auszugleichen, indem der so konstruierte Arbeitskolben 6 geringe Kippbewegungen zulässt. Eine solche Ausgleichsmöglichkeit könnte aber beispielsweise auch durch eine konstruktive Berücksichtigung geeigneter Freiheitsgrade in der Verbindung zwischen der Achse 17 und dem Arbeitskolben 6 vorgesehen werden.

[0062] Um bei den Verdrängerkolben 7, 8 und den zugehörigen Kolbenstangen 20, 21 hinsichtlich ihrer Föhrung keine unerwünschte Überbestimmung zu erhalten, ist zwischen der Halbkammer 2 und den Verdrängerkolben 7, 8 ausreichend Spiel vorgesehen.

[0063] Die beiden Verdrängerkolben 7, 8 sind in dem in Fig. 1 gezeigten Beispiel jeweils starr mit einer Kolbenstange 20, 21 verbunden, wobei an den von den Verdrängerkolben 7, 8 abgewandten Enden der Kolbenstangen 20, 21 jeweils ein Rollelement 22, 22a angebracht ist, dessen Laufrollen 23, 23a, 23b, 23c in die nutförmigen, nur in Fig. 2 mit ihren Bezugszeichen versehenen Kurvenbahnen 24, 25, 26, 27 einer drehbar gelagerten Schwungscheibe 28 eingreifen.

[0064] Mittels der Rollelemente 22, 22a und der Kolbenstangen 20, 21 kommt es im Betrieb der Kolbenmaschine 1 bei sich drehender Schwungscheibe 28 zwischen den Kurvenbahnen 24, 25, 26, 27 und den Verdrängerkolben 7, 8 zu Wechselwirkungen, welche zu den von den Formen der Kurvenbahnen 24, 25, 26, 27 abgeleiteten Bewegungen der Verdrängerkolben 7, 8 föhren. Die Schwungscheibe 28 ist aus zwei Hälften 29, 30 zusammengesetzt, und je ein Paar spiegelbildliche, nutförmige Kurvenbahnen 24, 25, 26, 27, wobei die Kurvenbahnen 24, 25, 26, 27 eines Paares in unterschiedlichen Hälften 29, 30 der Schwungscheibe 28 angeordnet sind, legt einen Bewegungsablauf eines Verdrängerkolbens 7, 8 fest. Wie es heute bei den sogenannten Freikolbenstirlingmaschinen bereits gang und gäbe ist, könnten insbesondere die Verdrängerkolben 7, 8 auch durch elektromagnetische Aktuatoren betätigt werden, wodurch die Kolbenstangen 20, 21 samt den Rollelementen 22, 22a entfallen würden. Insbesondere würde sich in diesem Fall anbieten, dass die Verdrängerkolben 7, 8 sowie innen die Halbkammer 2, in Hubrichtung betrachtet, oval ausgeföhrt und die Verdrängerkolben 7, 8 in der Halbkammer 2 mit kleinerem Kolbenspiel versehen werden, weil auch so ein Verdrehen der Verdrängerkolben 7, 8 um ihre Längsachse vermieden werden kann.

[0065] In dem in Fig. 1 gezeigten Beispiel einer Kolbenmaschine 1 durchdringt die Kolbenstange 20 des oberen Verdrängerkolbens 7 den unteren Verdrängerkolben 8 und dessen rohrförmig ausgebildete Kolbenstange 21, wobei es sinnvoll ist, die Kolbenstange 20 des oberen Verdrängerkolbens 7 mittels in Längsnuten eingreifender Kugeln einer Kugelumläufföhrung in der Kolbenstange 21 des unteren Verdrängerkolbens 8 zu föhren, wodurch verminderte Reibung erreicht und ein Verdrehen der Kolbenstangen 20, 21 gegeneinander vermieden wird.

[0066] Weiters durchdringt die von der Kolbenstange 20 des oberen Verdrängerkolbens 7 durchdrungene Kolbenstange 21 des unteren Verdrängerkolbens 8 den Arbeitskolben 6, wobei es auch hier vorteilhaft ist, analog wie zuvor beschrieben, eine Kugelumlaufführung vorzusehen, was zu einem problemlosen Ineinandergreifen der zackenförmigen Wärmeübertragungsflächen führt.

[0067] Die beiden Durchführungen der Kolbenstangen 20, 21 sind durch Stangendichtungen 31, 32 jeweils in einer Zone mit geringer lokaler Arbeitstemperatur der Kolbenmaschine 1 abgedichtet. Mit jeder Hälfte 29, 30 der Schwungscheibe 28 ist ein Kurbelzapfen 33, 33a starr verbunden, wobei die Kurbelzapfen 33, 33a coaxial angeordnet sind. Die unteren Pleuelaugen der beiden Pleuel 18, 18a sind auf den Kurbelzapfen 33, 33a drehbar gelagert. Die Kurbelzapfen 33, 33a sind weiters an ihren der Schwungscheibe 28 gegenüberliegenden Enden jeweils mit einer Kurbelwange 34, 34a mit Wellenstumpf 35, 35a starr verbunden. Die Wellenstümpfe 35, 35a, die Kurbelwangen 34, 34a, die Kurbelzapfen 33, 33a und die die Kurvenbahnen 24, 25, 26, 27 aufweisende Schwungscheibe 28 bilden im Wesentlichen eine starre Kurbelwelle 36, welche drehbar in einem Gestell 37 gelagert ist und an der mechanische Arbeit abgenommen werden kann.

[0068] In Fig. 2 ist die bereits erwähnte Geradföhrung 19, welche als Inversor von Peaucellier ausgeführt ist, angedeutet. Weiters sind die als Verdränger-Betätigungsmittel vorgesehenen Kurvenbahnen 24, 25, 26, 27 deutlich sichtbar. Mittels der beiden Pleuel 18, 18a kommt es im Betrieb der Kolbenmaschine 1 zwischen der in der dargestellten Ausführungsform als Arbeits-Betätigungsmittel vorgesehenen Kurbelwelle 36 und dem Arbeitskolben 6 zu einer Wechselwirkung, welche zur sinusförmigen respektive der Sinusform ähnlichen Bewegung des Arbeitskolbens 6 und zur Drehbewegung der die rotationsträge Schwungscheibe 28 umfassenden Kurbelwelle 36 führt. Die Halbkammer 2 ist in Fig. 2 nicht als Schnittansicht dargestellt, wodurch die um die Halbkammer 2 angeordneten Heizrippen 3 und Kühlrippen 4 gut sichtbar sind.

[0069] Fig. 3 zeigt ein qualitatives Diagramm 50 der Bewegungsabläufe der drei Kolben (6, 7, 8) der in den Fig. 1 und 2 dargestellten Kolbenmaschine, nämlich des Arbeitskolbens 6 und der beiden Verdrängerkolben 7, 8.

[0070] Auf der Abszissenachse 51 ist die Zeit aufgetragen; die Diagrammkurven 53, 54, 55 erstrecken sich auf die Dauer eines Arbeitsspiels.

[0071] Auf der Ordinatenachse 52 sind die Hübe, also die Wege in Hubrichtung, dieser drei Kolben (6, 7, 8) aufgetragen, wobei eine abwärts gerichtete Bewegung entlang einer Diagrammkurve 53, 54, 55 eine Abwärtsbewegung und eine aufwärts gerichtete Bewegung entlang einer Diagrammkurve 53, 54, 55 eine Aufwärtsbewegung eines in den Fig. 1 oder 2 dargestellten Kolbens (6, 7, 8) bedeutet.

[0072] Die Diagrammkurven 53, 54, 55 sind außerdem entlang der Ordinatenachse 52 derart verschoben, dass deckungsgleiche oder annähernd deckungsgleiche Abschnitte der Diagrammkurven 53, 54, 55 sich berührende oder sich zumindest in engem Abstand befindliche Kolben (6, 7, 8) kennzeichnen. Wenn zudem die dem oberen Verdrängerkolben 7 entsprechende Diagrammkurve 54, welche gestrichelt, also ähnlich der nationalen Ausgabe der Norm ISO 128-20 als Strichlinie dargestellt ist, die Abszissenachse 51, also die Zeitachse, berührt beziehungsweise auf dieser entlang läuft, dann befindet sich der obere Verdrängerkolben 7 in seiner obersten Stellung, was bedeutet, dass das obere Bereichsvolumen null oder beinahe null Volumeneinheiten beträgt.

[0073] Entsprechend bedeutet die die Zeitachse berührende, dem unteren Verdrängerkolben 8 entsprechende und ähnlich der nationalen Ausgabe der Norm ISO 128-20 als Strich-Punktlinie dargestellte Diagrammkurve 55, dass sich beide Verdrängerkolben 7, 8 in ihren obersten Stellungen befinden, was heißt, dass der untere Verdrängerkolben 8 am in seiner obersten Stellung befindlichen oberen Verdrängerkolben 7 ganz oder beinahe anliegt und das obere und das mittlere Bereichsvolumen null oder beinahe null Volumeneinheiten betragen.

[0074] Die dem Arbeitskolben 6 entsprechende und als durchgezogene Linie, also ähnlich der

nationalen Ausgabe der Norm ISO 128-20 als Volllinie dargestellte Diagrammkurve 53 hat aufgrund der Koppelung des Arbeitskolbens 6 mit der ein hohes Massenträgheitsmoment aufweisenden Kurbelwelle 36 einen sinusförmigen respektive der Sinusform ähnlichen Verlauf und zeigt, dass während des ganzen Arbeitsspiels ein Mindestausmaß des Hohlraumvolumens nicht unterschritten wird, da die Diagrammkurve 53 für den Arbeitskolben 6 die Zeitachse nie berührt.

[0075] Der vertikale Abstand zwischen den Diagrammkurven 53, 54, 55 ist ein Maß für den Abstand zwischen den Kolben (6, 7, 8) und lässt sich als Ausmaß für das zwischen den Kolben (6, 7, 8) liegende Bereichsvolumen interpretieren.

[0076] So steht im Wesentlichen das obere Bereichsvolumen mit dem vertikalen Abstand zwischen Zeitachse und Strichlinie, das mittlere Bereichsvolumen mit dem Abstand zwischen Strichlinie und Strich-Punktlinie, das untere Bereichsvolumen mit dem Abstand zwischen Strich-Punktlinie und Volllinie und das Hohlraumvolumen, abgesehen von den Volumina der Verbindungskanäle 14, 15, mit dem Abstand zwischen Volllinie und Zeitachse im Verhältnis. Diese Betrachtungen werden erleichtert, wenn man sich behelfsmäßig vorstellt, dass die Kolben (6, 7, 8) in Hubrichtung keine Ausdehnung beziehungsweise eine Länge von null Längeneinheiten aufweisen.

[0077] Das Arbeitsspiel gliedert sich in vier zeitliche Phasen 56, 57, 58, 59 und weist unter anderem vier, das Arbeitsmedium von einem zu einem weiteren der Bereiche 11, 12, 13 verschiebende Verdrängungstakte 60, 61, 62, 63 auf. Der Einfachheit halber sei festgelegt, dass sich das Arbeitsspiel mit dem Beginn einer der vier genannten Phasen 56, 57, 58, 59 startend versteht.

[0078] Der obere Bereich 11 der Kammer 10 wird im Betrieb von außen beheizt und weist ein für eine Wärmekraftmaschine übliches, verhältnismäßig hohes Temperaturniveau auf. Aufgrund der Wärmeübertragung, insbesondere der Wärmeleitung, weisen auch die inneren Zacken des oberen Bereichs 11 ein hohes Temperaturniveau auf.

[0079] Das Arbeitsmedium hat zu Beginn der synchronen Phase 56, welche dort startet, wo die Ordinatenachse 52 die Abszissenachse 51 schneidet, etwa das kleinste Arbeitsvolumen während des Durchlaufs des mit der Kolbenmaschine 1 angenäherten Carnot-Kreisprozesses und befindet sich - wie in Fig. 3 ersichtlich - im Wesentlichen im Bereichsvolumen des oberen Bereichs 11, welcher seinem Bereichsvolumen zugewandte heiße und komplementär gezackte Wärmeübertragungsflächen aufweist. Geringere Anteile des Arbeitsmediums befinden sich in den Verbindungskanälen 14, 15, worauf aber im Folgenden nicht mehr näher eingegangen wird.

[0080] Weil sich beim oberen Bereich 11 das Arbeitsmedium während der in dieser synchronen Phase 56 stattfindenden Expansion ständig sehr nahe an den Wärmeübertragungsflächen befindet, ändert sich seine Temperatur kaum. Hingegen fällt der Arbeitsdruck ab. Bei dieser angenäherten isothermen Expansion des angestrebten Carnot-Kreisprozesses bewegen sich die zwei Verdrängerkolben 7, 8 und der Arbeitskolben 6 in Hubrichtung im Wesentlichen synchron nach unten; das Arbeitsmedium nimmt dabei Wärme vom oberen Bereich 11 auf.

[0081] Am Beginn der teilsynchronen Phase 57 ändert der obere Verdrängerkolben 7 seine Bewegungsrichtung, um sich anschließend nach oben zu bewegen, wodurch das Arbeitsmedium vom oberen Bereich 11 zum mittleren Bereich 12 verschoben wird, wobei sich der untere Verdrängerkolben 8 und der Arbeitskolben 6 weiter nach unten bewegen.

[0082] Am Ende dieses Verdrängungstaktes 60, welcher Bestandteil der teilsynchronen Phase 57 ist, befindet sich der obere Verdrängerkolben 7 in seiner obersten Position, wo er vorerst verbleibt, und das Arbeitsmedium, ungeachtet der Anteile in den Verbindungskanälen 14, 15, im Bereichsvolumen des mittleren Bereichs 12, welcher keine beabsichtigt angeordneten Wärmeübertragungsflächen aufweist.

[0083] Bei der in dieser teilsynchronen Phase 57 stattfindenden Expansion des Arbeitsmediums ist zwischen dem mittleren Bereich 12 und dem Arbeitsmedium eine Wärmeübertragung

weitestgehend unterbunden, wodurch die Entropie des Arbeitsmediums annähernd gleich bleibt, die Temperatur des Arbeitsmediums etwa bis auf die untere Prozesstemperatur abfällt und der Arbeitsdruck weiter, zirka bis auf seinen Tiefstwert, sinkt. Während der teilsynchronen Phase 57 bewegt sich nur einer der zwei Verdrängerkolben 7, 8 mit dem Arbeitskolben 6 in Hubrichtung im Wesentlichen synchron.

[0084] Am Ende der teilsynchronen Phase 57 ist die angenäherte isentrope Expansion des angestrebten Carnot-Kreisprozesses im Wesentlichen beendet.

[0085] Gleich am Anfang der asynchronen Phase 58 findet ein Verdrängungstakt 61 statt, bei dem sich der untere Verdrängerkolben 8 nach seinem Richtungswechsel nach oben bewegt, bis er sich an den oberen Verdrängerkolben 7 anlegt und in dieser Position bis auf Weiteres verharret. Der Arbeitskolben 6 passiert währenddessen seinen unteren Totpunkt, wobei sich das Hohlraumvolumen nur unbedeutend ändert. Das Arbeitsmedium befindet sich nun nach dem Verdrängungstakt 61 im Wesentlichen im Bereichsvolumen des unteren Bereichs 13, welcher ebenfalls seinem Bereichsvolumen zugewandte, komplementär gezackte Wärmeübertragungsflächen sowie ein für eine Wärmekraftmaschine übliches, verhältnismäßig niedriges Temperaturniveau aufweist, weil anfallende Abwärme aufgrund der Wärmeübertragung, insbesondere der Wärmeleitung, von den inneren Zacken des unteren Bereichs 13 zu seinen Kühlrippen 4, 16 transportiert wird, wo sie anschließend nach außen abgegeben wird.

[0086] Weil sich beim unteren Bereich 13 das Arbeitsmedium während der in dieser asynchronen Phase 58 durch die Aufwärtsbewegung des Arbeitskolbens 6 stattfindenden Kompression ständig sehr nahe an den Wärmeübertragungsflächen befindet, ändert sich seine Temperatur kaum. Hingegen steigt der Arbeitsdruck etwas an.

[0087] Gegen Ende der asynchronen Phase 58 findet wieder ein Verdrängungstakt 62 statt, bei dem sich der untere Verdrängerkolben 8 nach unten bewegt, bis er sich an den Arbeitskolben 6 annähert und an diesen anlegt. Dadurch wird das Arbeitsmedium wieder zum mittleren Bereich 12 verschoben.

[0088] Bei der im Wesentlichen durch die asynchronen Phase 58 gekennzeichneten, angenäherten isothermen Kompression des angestrebten Carnot-Kreisprozesses bewegt sich jeder der zwei Verdrängerkolben 7, 8 mit dem Arbeitskolben 6 in Hubrichtung im Wesentlichen nicht synchron, und das Arbeitsmedium gibt Wärme an den unteren Bereich 13 ab.

[0089] Zu Beginn der teilsynchronen Phase 59 befindet sich das Arbeitsmedium also beim mittleren Bereich 12, welcher, wie bereits erläutert, für eine isentrope Zustandsänderung optimiert ist. Bei der Aufwärtsbewegung vom Arbeitskolben 6 und dem an den Arbeitskolben 6 angelegten unteren Verdrängerkolben 8 wird das Arbeitsmedium annähernd isentrop komprimiert und erreicht dabei etwa die obere Prozesstemperatur, das minimale Arbeitsvolumen und den höchsten Arbeitsdruck während des Arbeitsspiels.

[0090] Gegen Ende der teilsynchronen Phase 59, während des Verdrängungstaktes 63, bewegt sich der obere Verdrängerkolben 7 nach unten, bis er sich idealerweise an den unteren Verdrängerkolben 8 anlegt, wodurch das Arbeitsmedium wieder zum oberen Bereich 11 verschoben wird.

[0091] Während der teilsynchronen Phase 59 bewegt sich nur einer der zwei Verdrängerkolben 7, 8 mit dem Arbeitskolben 6 in Hubrichtung im Wesentlichen synchron.

[0092] Am Ende der teilsynchronen Phase 59 ist die angenäherte isentrope Kompression des angestrebten Carnot-Kreisprozesses im Wesentlichen beendet, und das Arbeitsspiel beziehungsweise der Kreisprozess kann von neuem beginnen.

[0093] Es versteht sich, dass nicht immer das ganze Arbeitsmedium gleichermaßen an einer Zustandsänderung beteiligt sein kann, weil sich beispielsweise ein Anteil des Arbeitsmediums auch in den Verbindungskanälen befindet und somit dieser Anteil etwa nicht dieselbe Temperatur annehmen wird wie das übrige Arbeitsmedium.

[0094] Weiters sei klargestellt, dass sich in der Praxis ein thermodynamischer Kreisprozess

nicht immer als eine Folge scharf abgegrenzter, unterschiedlicher thermodynamischer Zustandsänderungen eines Arbeitsmediums darstellen wird, weil es beispielsweise praktisch keine sprunghaften Bewegungsabläufe der Verdrängerkolben gibt und sich dadurch das Arbeitsmedium zeitweise gleichzeitig in zwei Bereichen mit unterschiedlichen Voraussetzungen für eine Zustandsänderung befinden muss, wodurch es zu Überschneidungen von Zustandsänderungen kommt. Diese nur als Beispiele angeführten Umstände sollen der Unterscheidbarkeit zwischen einzelnen Zustandsänderungen jedoch nicht schaden.

[0095] Weiters versteht sich, dass in der Praxis etwa aufgrund von Strömungsverlusten Zustandsänderungen vielfach nur angenähert werden können, was zu einer Abweichung der die idealen Zustandsänderungen beschreibenden Kurven zu den die realen Zustandsänderungen beschreibenden Kurven in entsprechenden Diagrammen zur Folge hat, was einer Interpretation entsprechend den oft idealisierten theoretischen Grundlagen der Thermodynamik nicht zwangsläufig schaden soll.

[0096] Die Einsatzgebiete der Erfindung, d. h. der erfindungsgemäßen Kolbenmaschine und des erfindungsgemäßen Verfahrens, sind vielfältig. Insbesondere kommen je nach Ausführung und Betriebsart der Kolbenmaschine Verwendungen als Antrieb für einen Generator zur Erzeugung elektrischer Energie oder als Wärmepumpe, z. B. für ein Einfamilienhaus, oder als Kältemaschine für industrielle Anwendungen, in Betracht.

BEZUGSZEICHENLISTE

1	Kolbenmaschine
2	Halbkammer
3	Heizrippen
4, 16	Kühlrippen
5	thermische Isolation
6	Arbeitskolben
7, 8	Verdrängerkolben
9	Kolbendichtung
10	Kammer
11, 12, 13	Bereich
14, 15	Verbindungskanal
17	Achse
18, 18a	Pleuel
19	Geradführung
20, 21	Kolbenstange
22, 22a	Rollelement
23a, 23b, 23c	Laufrolle
24, 25, 26, 27	Kurvenbahn
28	Schwungscheibe
29, 30	Hälfte
31, 32	Stangendichtung
33, 33a	Kurbeizapfen
34, 34a	Kurbelwange
35, 35a	Wellenstumpf
36	Kurbelwelle
37	Gestell
50	Diagramm
51	Abszissenachse
52	Ordinatenachse
53, 54, 55	Diagrammkurve
56, 57, 58, 59	Phase
60, 61, 62, 63	Verdrängungstakt

Patentansprüche

1. Kolbenmaschine (1) zur Umwandlung von Wärme in Arbeit oder zum Heizen oder Kühlen durch Aufwendung von Arbeit mit einer innen röhrenförmig und mit einem zumindest teilweise verschlossenen Ende ausgebildeten Halbkammer (2), mit einem in einer Kavität der Halbkammer (2) beweglich angeordneten Arbeitskolben (6), mit einer wenigstens die Halbkammer (2) zumindest abschnittsweise und den Arbeitskolben (6) zumindest abschnittsweise umfassenden Kammer (10), welche ein vorrangig durch den Arbeitskolben (6) im Ausmaß variierbares und von einem Arbeitsmedium einnehmbares Hohlraumvolumen umgibt, wobei dem Arbeitskolben (6) ein mit dem Arbeitskolben (6) wechselwirkungsfähiges Arbeits-Betätigungsmittel für eine Bewegung des Arbeitskolbens (6) zugeordnet ist, mit zumindest einem vom Arbeitskolben (6) in der Kavität der Halbkammer (2) eingeschlossenen, in der Kavität der Halbkammer (2) beweglich angeordneten Verdrängerkolben (7, 8), welcher ebenfalls von der Kammer (10) zumindest abschnittsweise umfasst ist und welcher in einem Betriebsmodus der Kolbenmaschine (1) wiederholt das Arbeitsmedium oder zumindest einen Anteil des Arbeitsmediums von einem Bereich (11, 12, 13) der Kammer (10) zu einem weiteren Bereich (11, 12, 13) der Kammer (10) verschiebt, wobei die Kammer (10) zumindest diese zwei Bereiche (11, 12, 13) aufweist und die Bereiche (11, 12, 13) jeweils einen im Folgenden als Bereichsvolumen bezeichneten Anteil des Hohlraumvolumens umgeben, und mit zumindest einem Verbindungskanal (14, 15) zur Verbindung von zumindest zwei der Bereichsvolumina, wobei im Betriebsmodus zumindest zwei der Bereiche (11, 12, 13) zueinander unterschiedliche Temperaturniveaus aufweisen und wobei sich die Bereiche (11, 12, 13) der Kammer (10) dadurch auszeichnen, dass im Betriebsmodus in den Bereichsvolumina von je zwei benachbarten der Bereiche (11, 12, 13) unterschiedliche thermodynamische Zustandsänderungen des im Betriebsmodus im jeweiligen der Bereichsvolumina enthaltenen Arbeitsmediums eines zumindest ungefähren thermodynamischen Kreisprozesses ausführbar sind und wobei der Verdrängerkolben (7, 8) im Wesentlichen zwischen den Bereichsvolumina von zwei benachbarten der Bereiche (11, 12, 13) angeordnet ist und dem Verdrängerkolben (7, 8) ein mit dem Verdrängerkolben (7, 8) wechselwirkungsfähiges Verdränger- Betätigungsmittel für eine Bewegung des Verdrängerkolbens (7, 8) zugeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet,** dass in der Kavität der Halbkammer (2) zwei Verdrängerkolben (7, 8) angeordnet sind, wobei die zwei Verdrängerkolben (7, 8) einzeln im Folgenden als der erste Verdrängerkolben (7) und als der zweite Verdrängerkolben (8) bezeichnet werden, wobei der erste Verdrängerkolben (7) im Wesentlichen zwischen dem zumindest teilweise verschlossenen Ende der Halbkammer (2) und dem zweiten Verdrängerkolben (8) und der zweite Verdrängerkolben (8) im Wesentlichen zwischen dem ersten Verdrängerkolben (7) und dem Arbeitskolben (6) angeordnet sind und wobei die Verdrängerkolben (7, 8) und der Arbeitskolben (6) im Wesentlichen in Hubrichtung des Arbeitskolbens (6) gereiht angeordnet sind, und dass die Kammer (10) drei Bereiche (11, 12, 13), welche einzeln im Folgenden als der erste Bereich (11), als der zweite Bereich (12) und als der dritte Bereich (13) bezeichnet werden, aufweist, wobei sich das Bereichsvolumen des ersten Bereichs (11) im Wesentlichen zwischen dem zumindest teilweise verschlossenen Ende der Halbkammer (2) und dem ersten Verdrängerkolben (7) erstreckt und der erste Bereich (11) den ersten Verdrängerkolben (7) zumindest abschnittsweise und die Halbkammer (2) zumindest abschnittsweise umfasst und wobei sich das Bereichsvolumen des zweiten Bereichs (12) im Wesentlichen zwischen dem ersten Verdrängerkolben (7) und dem zweiten Verdrängerkolben (8) erstreckt und der zweite Bereich (12) den ersten Verdrängerkolben (7) zumindest abschnittsweise und den zweiten Verdrängerkolben (8) zumindest abschnittsweise sowie die Halbkammer (2) zu-

mindest abschnittsweise umfasst und

wobei sich das Bereichsvolumen des dritten Bereichs (13) im Wesentlichen zwischen dem zweiten Verdrängerkolben (8) und dem Arbeitskolben (6) erstreckt und der dritte Bereich (13) den zweiten Verdrängerkolben (8) zumindest abschnittsweise und den Arbeitskolben (6) zumindest abschnittsweise sowie die Halbkammer (2) zumindest abschnittsweise umfasst.

2. Kolbenmaschine (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Bereich (12) aufgrund seiner Formgebung im arithmetischen Mittel einen größeren, insbesondere einen zumindest 1,5 mal größeren Abstand zwischen einem Punkt einer Menge von beliebig vielen, gemäß einer Gleichverteilung in seinem auf ein Bezugsvolumen ausgedehnten Bereichsvolumen verteilten Punkten und seiner inneren Berandung aufweist als jeder der anderen der Bereiche (11, 13),
wobei das Bezugsvolumen das kleinere der beiden von den miteinander verglichenen der Bereiche (11, 12, 13) im Betriebsmodus erreichten maximalen Bereichsvolumina ist und
wobei sich der Abstand als Länge der kürzesten Verbindungslinie definiert und
wobei sich die innere Berandung des Bereichs (11, 12, 13) aus den das Bereichsvolumen begrenzenden physischen inneren Oberflächen des Bereichs (11, 12, 13) und aus den virtuellen Durchtrittsflächen für das Arbeitsmedium in die Verbindungskanäle (14, 15) zu den benachbarten der Bereiche (11, 12, 13) ergibt und wobei im Falle unterschiedlicher für diesen Abstand erhaltener Ergebnisse, welche von der jeweiligen Anzahl der Punkte der Menge beeinflusst werden, das statistisch zuverlässigste Ergebnis herangezogen wird.
3. Kolbenmaschine (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verdränger-Betätigungsmittel und das Arbeits-Betätigungsmittel aufgrund ihrer Ausgestaltungen zumindest zur Festlegung sowohl einer synchronen Phase (56), in der jeder der zwei Verdrängerkolben (7, 8) und der Arbeitskolben (6) in Hubrichtung im Wesentlichen synchron laufen, als auch zweier teilsynchroner Phasen (57, 59), in denen jeweils nur einer der zwei Verdrängerkolben (7, 8) mit dem Arbeitskolben (6) in Hubrichtung im Wesentlichen synchron läuft, als auch einer asynchronen Phase (58), in der jeder der zwei Verdrängerkolben (7, 8) mit dem Arbeitskolben (6) in Hubrichtung im Wesentlichen nicht synchron läuft, ausgebildet sind, wobei zumindest die vier genannten Phasen (56, 57, 58, 59) wiederholt ausführbar sind.
4. Kolbenmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Arbeits-Betätigungsmittel als Kurbelwelle (36) und die Verdränger-Betätigungsmittel als elektromagnetische Aktuatoren inklusive Regelungseinheiten ausgestaltet sind.
5. Kolbenmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass aufgrund der Ausgestaltungen des Arbeits- Betätigungsmittels und der Verdränger-Betätigungsmittel im Betriebsmodus der Kolbenmaschine (1) während eines Zyklus des Kreisprozesses das vom zweiten Bereich (12) erreichte maximale Bereichsvolumen größer ist als das von einem der anderen der Bereiche (11, 13) erreichte maximale Bereichsvolumen.
6. Kolbenmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Bereich (11, 12, 13) mit dem im Betriebsmodus tiefsten der zueinander unterschiedlichen Temperaturniveaus den Arbeitskolben (6) zumindest abschnittsweise umfasst.
7. Kolbenmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Betriebsmodus drei der Bereiche (11, 12, 13) zueinander unterschiedliche Temperaturniveaus aufweisen, wobei das Temperaturniveau des zweiten Bereichs (12) zwischen den Temperaturniveaus des ersten Bereichs (11) und des dritten Bereichs (13) liegt, weil durch entsprechend angeordnete wärmeleitfähige Elemente zumindest ein überwiegender Anteil einer der Kolbenmaschine (1) im Betriebsmodus von außen zugeführten Wärmeleistung in einen der Bereiche (11, 12, 13) mit den gegensätzlichsten Temperaturniveaus leitbar ist und zumindest ein überwiegender Anteil einer von der Kolbenmaschine (1) im Betriebsmodus nach außen abgegebenen Wärmeleistung weg von dem anderen der Berei-

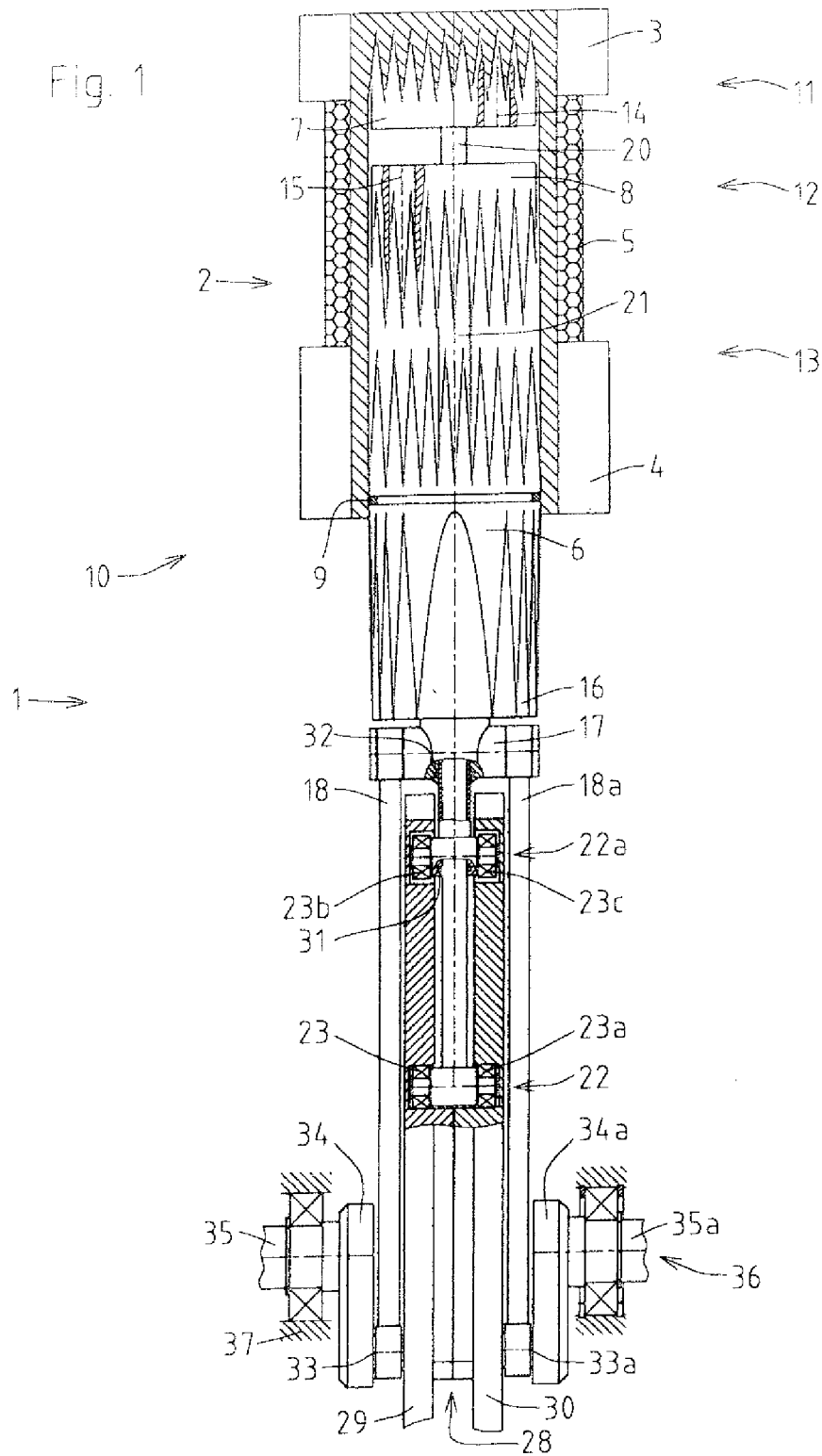
che (11, 12, 13) mit den gegensätzlichsten Temperaturniveaus leitbar ist, wobei hinsichtlich der von außen zugeführten und nach außen abgegebenen Wärmeleistungen die Kolbenmaschine (1) als ein thermodynamisches System zu sehen ist.

8. Verfahren, insbesondere zum Betreiben einer Kolbenmaschine (1) nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, unter Verwendung von
einem in einer Kavität einer Halbkammer (2), insbesondere einer Halbkammer (2) nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, beweglich angeordneten Arbeitskolben (6), insbesondere einem Arbeitskolben (6) nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, und zumindest einem vom Arbeitskolben (6) in der Kavität der Halbkammer (2) eingeschlossenen und in der Kavität beweglich angeordneten Verdrängerkolben (7, 8), insbesondere einem Verdrängerkolben (7, 8) nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass in der Kavität der Halbkammer (2) zwei Verdrängerkolben (7, 8) angeordnet sind, wobei die Verdrängerkolben (7,8) und der Arbeitskolben (6) im Wesentlichen in Hubrichtung des Arbeitskolbens (6) gereiht angeordnet sind, und
dass sowohl während einer synchronen Phase (56) jeder der zwei Verdrängerkolben (7, 8) und der Arbeitskolben (6) in Hubrichtung im Wesentlichen synchron bewegt werden als auch während zweier teilsynchroner Phasen (57, 59) jeweils nur einer der zwei Verdrängerkolben (7, 8) mit dem Arbeitskolben (6) in Hubrichtung im Wesentlichen synchron bewegt wird als auch während einer asynchronen Phase (58) jeder der zwei Verdrängerkolben (7, 8) mit dem Arbeitskolben (6) in Hubrichtung im Wesentlichen nicht synchron bewegt wird,
wobei zumindest die vier genannten Phasen (56, 57, 58, 59) wiederholt ausgeführt werden.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

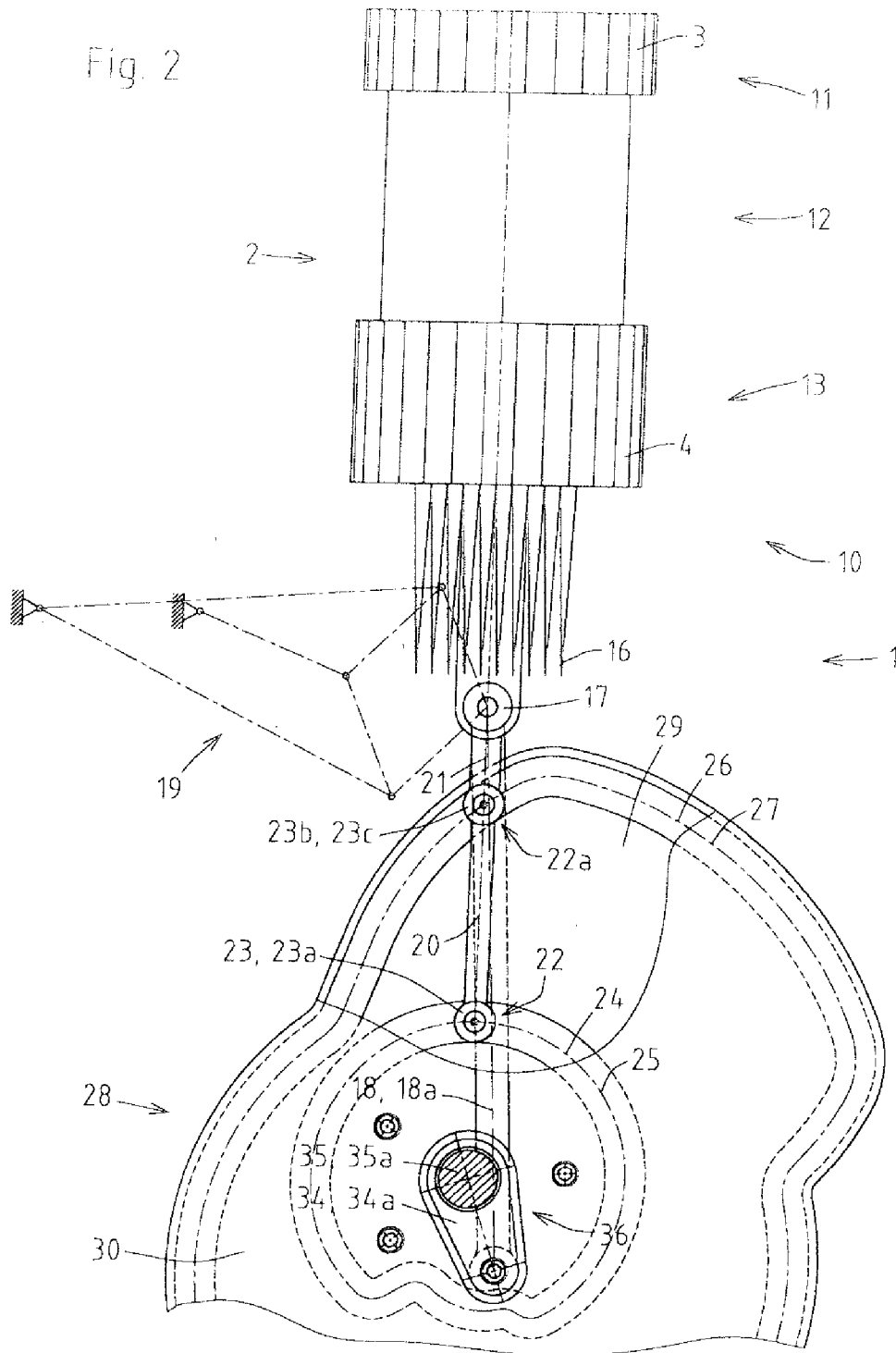
1/3

Fig. 1



2/3

Fig. 2



3/3

Fig. 3

