

(19)



(11)

EP 2 781 702 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
24.09.2014 Patentblatt 2014/39

(51) Int Cl.:
F01L 7/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13160291.4**

(22) Anmeldetag: **21.03.2013**

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

• **Hansen, Uwe**
25767 Albersdorf (DE)

(72) Erfinder: **Hansen, Uwe**
25767 Albersdorf (DE)

(74) Vertreter: **Raffay & Fleck**
Patentanwälte
Grosse Bleichen 8
20354 Hamburg (DE)

(71) Anmelder:

• **Hansen, Marret**
25767 Albersdorf (DE)

(54) Thermodynamische Arbeitsmaschine

(57) Mit der Erfindung soll eine einfach gestaltete, einfach aufgebaute und zuverlässig arbeitende thermodynamische Arbeitsmaschine für den Betrieb mit einem gasförmigen Arbeitsmedium mit wenigstens zwei je einen darin bewegbaren Arbeitskolben (3) aufweisenden Zylindern (2), die jeweils einen Einlass (13) und einen Auslass aufweisen, und mit einer ersten Ventilanordnung (8, 9) zum Öffnen und Schließen der Einlässe (13) sowie einer zweiten Ventilanordnung zum Öffnen und Schließen der Auslässe bereitgestellt werden, die von einem Arbeitsmedium unter Ausnutzung der Volumenausdehnung beim Phasenübergang betrieben werden kann, insbesondere auch im geschlossenen Kreislauf.

Dazu wird vorgeschlagen, dass bei einer solchen thermodynamischen Arbeitsmaschine die erste Ventilanordnung (8, 9) eine zu ihren Stirnseiten hin abgedich-

tete, im Betrieb der Arbeitsmaschine (1) zur Rotation um ihre Längsachse angetriebene erste Hohlwelle (9) mit in ihrer Umfangswand (11) angeordneten und in dem innerhalb der ersten Hohlwelle (9) liegenden Hohlraum (10) mündenden Durchtrittsöffnungen (12) enthält und dass die zweite Ventilanordnung eine zu ihren Stirnseiten hin abgedichtete, im Betrieb der Arbeitsmaschine (1) zur Rotation um ihre Längsachse angetriebene zweite Hohlwelle mit in ihrer Umfangswand angeordneten und in dem innerhalb der zweiten Hohlwelle liegenden Hohlraum mündenden Durchtrittsöffnungen enthält, wobei die Durchtrittsöffnungen (12) der Hohlwellen (9) derart angeordnet sind, dass sie bei Rotation der Hohlwellen (9) um ihre jeweilige Längsachse mit den Einlässen (13) bzw. den Auslässen der Zylinder (2) zum Bilden einer Durchströmverbindung verbindbar sind

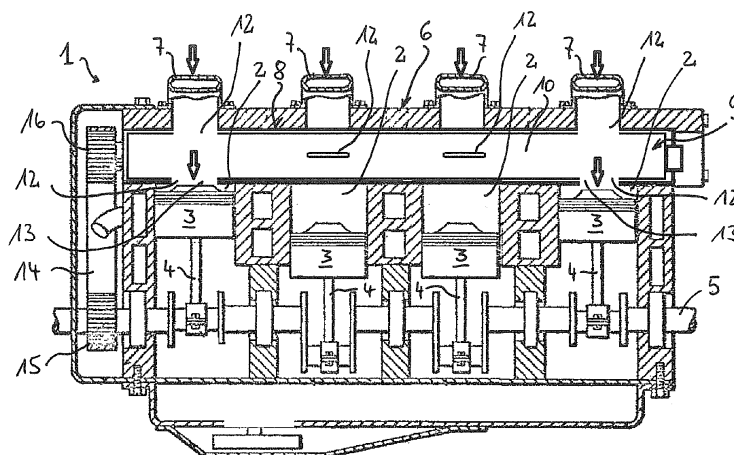


Fig. 1

EP 2 781 702 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine thermodynamische Arbeitsmaschine für den Betrieb mit einem gasförmigen Arbeitsmedium mit den Merkmalen des Oberbegriffes des Anspruchs 1.

[0002] Thermodynamische Arbeitsmaschinen, im Sinne der Erfindung, also solche Maschinen, die mit einem Arbeitsmedium betrieben mechanische Arbeit verrichten bzw. mechanische Arbeit nutzbar machen, sind seit langem und in vielen Varianten bekannt. Solche Arbeitsmaschinen weisen typischerweise einen Expansionsraum auf, in den ein Arbeitsmedium eingeleitet wird und in welchem dieses eine Volumenausdehnung erfährt. In dem Expansionsraum sind bewegbare Mittel angeordnet, die bei der Volumenausdehnung des Arbeitsmediums bewegt werden und an denen die mechanisch nutzbare Arbeit verrichtet wird.

[0003] Bekannt sind insbesondere Verbrennungsmotoren, bei denen ein brennbares Gasgemisch in den Expansionsraum, dort auch als Verbrennungsraum zu bezeichnen, eingelassen und dort gezündet wird. Bei der Verbrennung des Gasgemisches entsteht eine schlagartige Volumenvergrößerung, die das mechanische Element in dem Arbeitsraum antreibt. Neben verschiedenen anderen Gestaltungsformen, wie z.B. Verbrennungsräumen in Rotationskolbenmotoren, sind hier insbesondere zylinderförmige Verbrennungsräume bekannt mit darin angeordneten, sich auf und ab bewegendem Kolben. Diese zylinderförmigen Verbrennungsräume besitzen Einlass- und Auslassventile, um einerseits das zu verbrennende Gemisch in den Zylinder einströmen zu lassen, andererseits die bei der Verbrennung entstehenden Abgase ausströmen zu lassen und abzuführen. Bei Verbrennungsmotoren sind Ein- und Auslass häufig mit sogenannten Tellerventilen verschlossen, die durch eine Nockenwelle getaktet betätigt werden. Die Tellerventile auf der Einlassseite können bei Einspritzmotoren entfallen. Dort wird ein entzündliches Brennstoff-Luftgemisch direkt in den Verbrennungsraum eingedüst und dann gezündet. Das Ablassen der Verbrennungsgase (Abgase) erfolgt jedoch auch dort in üblicher Weise mittels Öffnens eines Ventils, insbesondere Tellerventils.

[0004] Neben den bekannten Tellerventilen sind auch andere Ventilformen für die Steuerung von Verbrennungsmotoren bzw. für das Einlassen des Verbrennungsgemisches und Ablassen der Abgase bekannt. So beschreibt beispielsweise die DD 146198 eine umlaufende Ventilanordnung in Form einer umlaufenden Welle mit radial durch diese geführten Bohrungen, welche Bohrungen eine Verbindung zwischen einer Zuleitung des Verbrennungsgemisches und dem Einlass in den Verbrennungszylinder herstellt bzw. auf der Auslassseite eine Verbindung zwischen dem Auslass des Zylinders und einer Abgasleitung. Die in dieser Druckschrift gezeigte Anordnung in dem Verbrennungsmotor ist eine Reihenanordnung von mehreren, dort insgesamt vier, Zylindern, die so angeordnet sind, dass eine erste durchgehende

Welle die Einlasssteuerung, eine zweite durchgehende Welle die Auslasssteuerung bedient. Dabei sind die Ventilabschnitte der Welle, die jedem der Zylinder zugeordnet sind, voneinander getrennt. Einströmendes Brennstoff-Luftgemisch kann durch die die Einlässe steuernde Welle nur in den jeweils zugeordneten Zylinder gelangen, ein Strömungsweg zu benachbarten Zylindern ist verschlossen. Gleiches gilt auf der Abströmseite, wo ausströmendes Abgas aus einem Zylinder nur zu dem jeweils zugeordneten Abgaskanal bzw. der Abgasleitung durchgelassen wird.

[0005] Neben Verbrennungsmotoren existieren auch thermodynamische Arbeitsmaschinen, die nicht eine Verbrennung eines Brennstoff-Luftgemisches für die Verrichtung mechanischer Arbeit aufgrund der dabei entstehenden Volumenausdehnung nutzen, sondern eine Volumenausdehnung bei einem Phasenübergang des Arbeitsmediums, insbesondere einem Phasenübergang von der flüssigen in die gasförmige Phase. Dabei wird das Arbeitsmittel soweit erwärmt, dass es oberhalb der Phasenübergangstemperatur zwischen der flüssigen und der Gasphase bei einem vorbestimmten Druck liegt, das entstehende Gas wird unter Expansion in den Expansionsraum eingeleitet und verrichtet dort mechanische Arbeit an dem bewegbaren Element, im Falle eines Zylinders als Expansionsraum dem Kolben, im Falle eines Flügelzellenmotors z.B. an den Schiebern der einzelnen Zellenräume. Derartige die Volumenexpansion bei einem Phasenübergang ausnutzende thermodynamische Arbeitsmaschinen können in einem geschlossenen Kreislauf geführt werden (z.B. als RANKINE-Kreislaufmotoren), oder aber in einer offenen Mediumsführung, z.B. betrieben mit Wasserdampf, der nach geleisteter Expansionsarbeit in die Umgebung austritt. Ein Beispiel für eine RANKINE-Kreislaufvorrichtung in Form eines Flügelzellenmotors, der mit einem im geschlossenen Kreis geführten Arbeitsmedium betrieben wird, ist in der DE 601 23 987 T2 dargestellt. Dort wird die entsprechende RANKINE-Kreislaufvorrichtung als Hilfsaggregat zu einem Verbrennungsmotor beschrieben, um durch zusätzliche mechanische Arbeit, die dieses Aggregat vollführt, den Wirkungsgrad der kombinierten Anordnung gegenüber dem Wirkungsgrad eines reinen Verbrennungsmotors zu erhöhen.

[0006] So wie in der DE 601 23 987 T2 gibt es heute in vielen Bereichen Überlegungen, bei Prozessen entstehende Abwärme noch weiter in nutzbare Energie umzuwandeln, sei dies in rein mechanische Energie oder sei dies in einem weiteren Umwandlungsschritt in Form von elektrischer Energie. Die im Zusammenhang mit dezentraler Energieerzeugung hier häufig genannte Kraft-Wärme-Kopplung ist ein besonderes Beispiel solcher Bestrebungen.

[0007] Die Erfindung befasst sich mit solchen Erwägungen und hat zum Ziel, eine einfach gestaltete, einfach aufgebaute und zuverlässig arbeitende thermodynamische Arbeitsmaschine bereitzustellen, die von einem Arbeitsmedium unter Ausnutzung der Volumenausdeh-

nung beim Phasenübergang betrieben werden kann, insbesondere auch im geschlossenen Kreislauf.

[0008] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine thermodynamische Arbeitsmaschine mit den Merkmalen des Anspruches 1. Vorteilhafte Weiterbildungen dieser Arbeitsmaschine sind in den abhängigen Ansprüchen 2 bis 10 angegeben.

[0009] Erfindungsgemäß weist die für den Betrieb mit einem gasförmigen Arbeitsmedium eingerichtete bzw. vorgesehene thermodynamische Arbeitsmaschine wenigstens zwei je einen darin bewegbaren Arbeitskolben aufweisende Zylinder auf. Diese Zylinder haben jeweils einen Einlass und einen Auslass. Die Arbeitsmaschine verfügt über eine erste Ventilanordnung zum Öffnen und Schließen der Einlässe sowie eine zweite Ventilanordnung zum Öffnen und Schließen der Auslässe. Das Besondere an dieser thermodynamischen Arbeitsmaschine gemäß der Erfindung ist nun, dass die erste Ventilanordnung eine zu ihren Stirnseiten hin abgedichtete, im Betrieb der Arbeitsmaschine zur Rotation um ihre Längsachse angetriebene erste Hohlwelle mit in ihrer Umfangswand angeordneten und in dem innerhalb der ersten Hohlwelle liegenden Hohlraum mündenden Durchtrittsöffnungen enthält. Weiterhin enthält gemäß der Erfindung die zweite Ventilanordnung eine zu ihren Stirnseiten hin abgedichtete, im Betrieb der Arbeitsmaschine zur Rotation um ihre Längsachse angetriebene zweite Hohlwelle mit in ihrer Umfangswand angeordneten und in dem innerhalb der zweiten Hohlwelle liegenden Hohlraum mündenden Durchtrittsöffnungen. Die Durchtrittsöffnungen der Hohlwelle sind dabei so angeordnet, dass sie bei Rotation der Hohlwellen um ihre jeweilige Längsachse mit den Einlässen bzw. den Auslässen der Zylinder zum Bilden einer Durchströmverbindung verbindbar sind. Hierbei ist der Hohlraum im Inneren einer jeden Hohlwelle insbesondere ein durchgehender, zumindest aber werden durch einen gemeinsamen Hohlraum Durchtrittsöffnungen miteinander strömungsverbunden, die mit den Einlässen verschiedener und benachbarter Zylinder in Verbindung geraten.

[0010] Diese erfindungsgemäße Ausgestaltung, wonach die Ventilanordnungen Hohlwellen enthalten, über die durch die Durchtrittsöffnungen hindurch das Arbeitsmedium in die Zylinder hinein strömen und dort Arbeit verrichten, bzw. im Falle der Auslassventilwelle aus den Zylindern ausströmen und abgeführt werden kann, erlaubt zunächst einen einfachen Aufbau der Ventilanordnungen. Anders als z.B. bei Tellerventilen, wie sie häufig bei herkömmlichen Verbrennungsmotoren zu finden sind, ist für eine erfindungsgemäße Ventilanordnung kein komplizierter Ansteuermechanismus in Form einer Nockenwelle vorzusehen. Darüber hinaus sind Federnordnungen nicht erforderlich, die das Schließen der Ventile besorgen. Insgesamt ist der mechanische Aufbau vereinfacht und weniger kleinteilig. Bei einer Anordnung der Zylinder in einer Reihe, wobei hier nicht nur zwei, sondern auch mehr Zylinder, beispielsweise vier, sechs oder auch mehr Zylinder in einer Reihenord-

nung möglich sind, können die Ventilanordnungen mit zwei (je einer) Hohlwellen auskommen, von denen eine sämtliche Einlässe, die andere sämtliche Auslässe bedient. Durch den Hohlraum in der ersten Hohlwelle kann sich das einströmende Arbeitsmedium in der Hohlwelle gleichmäßig verteilen und einen einheitlich Druck aufbauen, bevor durch die rotierende Hohlwelle die jeweiligen Durchtrittsöffnungen zu den einzelnen Zylindern freigegeben werden. Wo bei dem Betrieb einer solchen Arbeitsmaschine als Verbrennungsmotor eine derartige gleichmäßige Verteilung eines Brennstoff-Luft-Gemisches abträglich und unerwünscht ist, führt eine derartige gleichmäßige Verteilung eines Arbeitsmediums bei einer wie hier betrachteten Arbeitsmaschine, die Volumenänderungen beim Phasenübergang insbesondere von flüssig zu gasförmig für die Umsetzung mechanischer Arbeit nutzt, zu einem besseren Ergebnis, zu einem besonders ruhigen Lauf der Arbeitsmaschine und auch zu einem hohen Wirkungsgrad. Denn dadurch, dass das expandierende Arbeitsmedium bereits mit hohem Druck im Hohlraum der Hohlwelle anliegt, kann dieses auf kürzestem Wege und eben bereits mit hohem Druck in den Arbeitsraum gelangen, dort unmittelbar mit hoher Wirkung Arbeit verrichten. Es muss nicht erst eine längere Strecke zwischen einer Zuleitung und dem eigentlichen Einlass des Arbeitsraumes überwunden und am Anfang eines Arbeitstaktes noch Druck aufgebaut werden.

[0011] Analoge Überlegungen gelten für die zweite Hohlwelle, bei der sich das aus den Zylindern abströmende, entspannte Arbeitsmedium ebenfalls im gesamten Hohlraum der Hohlwelle ausbreitet, insoweit besonders gut und vereinfacht abgeführt werden kann.

[0012] Die Bauform mit den erfindungsgemäßen Hohlwellen ist zudem besonders kompakt. Schließlich ermöglicht diese Bauform eine Nutzung von aus dem Bereich der Verbrennungsmotoren bekannter Motorentechnologie. So können beispielsweise Verbrennungsmotoren mit einfachen Mitteln umgerüstet und mit den erfindungsgemäß vorgesehenen Ventilanordnungen mit den Hohlwellen versehen werden. Hierzu sind lediglich die Zylinderköpfe in einer Reihenanordnung von Zylindern in einem Verbrennungsmotor auszutauschen gegen entsprechende mit einem Zylinderkopfabschnitt verbundene Ventilanordnungen mit Hohlwellen, die Zylinder an sich können ohne wesentliche Veränderungen so übernommen werden. Eine solche Umrüstung ist nicht nur hinsichtlich eines Neubaus möglich, grundsätzlich können sogar bestehende Verbrennungsmotoren entsprechend umgebaut werden zu erfindungsgemäßen thermodynamischen Arbeitsmaschinen mit wenigen Handgriffen und mit dem Ergebnis einer Arbeitsmaschine mit hohem Wirkungsgrad. Auf diese Weise können beispielsweise für eine dezentrale Energieversorgung z.B. im Bereich der Kraft-Wärme-Kopplung vorhandene und nicht mehr genutzte Verbrennungsmotoren eingesetzt, überholt und umgebaut werden und dann als thermodynamische Arbeitsmaschinen gemäß der Erfindung betrieben werden, z.B. zum Antrieb von elektrischen Ge-

neratoren.

[0013] Mit Vorteil sind die Durchtrittsöffnungen in den Hohlwellen schlitzförmig gebildet und weisen eine Längserstreckung des Schlitzes parallel zur Längsachse der jeweiligen Hohlwelle auf. Eine solche Ausgestaltung stellt durch die Längserstreckung der Schlitzes sicher, dass eine ausreichende Querschnittsfläche für ein schnelles Einströmen eines ausreichenden Volumens bzw. Stromes des expandierenden gasförmigen Arbeitsmediums in den Zylinder bzw. ein Ausströmen des expandierten und entspannten Arbeitsmediums aus den Zylindern erfolgen kann. Andererseits kann durch die Schlitzbreite, die hier sehr gezielt gewählt werden kann, eine sehr exakte Steuerung von Öffnungs- und Schließzeitpunkt der Einlässe bzw. Auslässe der Zylinder erfolgen, was für das Erreichen einer Laufruhe sowie eines hohen Wirkungsgrades der Arbeitsmaschine von großer Bedeutung ist.

[0014] Da typischerweise die Einlässe der Zylinder kürzere Öffnungszeiten für das schlagartige Befüllen mit dem expandierenden und unter Druck stehenden gasförmigen Arbeitsmedium erfordern, die Auslässe zum Ausstoßen des expandierten und entspannten Arbeitsmediums eine längere Öffnungszeit erfordern, sind mit vorteilhafter Weise die Durchtrittsöffnungen derart gestaltet, dass die Durchtrittsöffnungen der ersten Hohlwelle in der Umfangsrichtung der ersten Hohlwelle eine geringe Öffnungsweite aufweisen als die in Umfangsrichtung der zweiten Hohlwelle gesehene Öffnungsweite der Durchtrittsöffnungen dieser zweiten Hohlwelle. Die Gestaltung kann dabei beispielsweise derart sein, dass sie bezogen auf eine Drehstellung einer über Pleuelstangen mit den Kolben verbundenen Kurbelwelle ein Öffnen der Einlässe in eine Stellung 10° vor dem oberen Totpunkt bewirkt, die Einlässe bei etwa 30° nach dem oberen Totpunkt verschließt, so dass sich ein Öffnungsintervall im Intervall von etwa 10° vor dem oberen Totpunkt bis 30° nach dem oberen Totpunkt ergibt. Die Einstellung der Durchtrittsöffnungen an der zweiten Hohlwelle kann beispielsweise so gestaltet sein, dass die Auslassöffnungen bezogen auf die Drehstellung der Kurbelwelle bei etwa 10° vor dem unteren Totpunkt öffnet und die Auslässe bis kurz vor dem Öffnen der Einlässe, in diesem Fall also bis etwa 10° vor dem oberen Totpunkt offenhält.

[0015] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung kann die Arbeitsmaschine so gestaltet sein, dass in der ersten und der zweiten Hohlwelle je Zylinder jeweils zwei mit dem Einlass bzw. dem Auslass des jeweiligen Zylinders bei Rotation der jeweiligen Hohlwelle zusammenwirkende Durchtrittsöffnungen in der Umfangswand der Hohlwelle vorgesehen sind, die einander diametral gegenüberliegen. Dies führt dazu, dass pro ganzer Umdrehung der jeweiligen Hohlwelle zwei Arbeitstakte, also Zeitabschnitte, in denen expandierendes Gas in den Zylinder geleitet und mechanische Arbeit verrichtet wird, ablaufen. Zudem kann eine Zuführleitung für das unter Druck stehende und in die Zylinder einzuleitende, expandierende Gas in einer dem Einlass gegen-

überliegenden Position angeordnet sein, so dass wenn die eine der Durchtrittsöffnungen den jeweiligen Einlass des Zylinders öffnet, die diametral gegenüberliegende Durchtrittsöffnung die Zuführleitung freigibt. Analog kann auf der Auslassseite eine Abströmleitung für expandiertes und entspanntes gasförmiges Arbeitsmedium in einer Position gegenüberliegend dem Auslass vorgesehen sein, so dass beim Öffnen des Auslasses durch Zusammenwirken der einen Durchtrittsöffnung mit dem Auslass zugleich die dieser Durchtrittsöffnung gegenüberliegende Durchtrittsöffnung für eine Verbindung zum Abströmkanal bzw. Abströmleitung freigibt.

[0016] Besonders einfach ist die Ventilanordnung der erfindungsgemäßen Arbeitsmaschine aufgebaut, wenn, wie gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung vorgesehen, die Hohlwellen in einem gegenüber den Zylindern abgedichteten, die Einlässe und die Auslässe aufweisenden Block rotierbar angeordnet und zu den Stirnseiten hin abgedichtet sind. Mit zu den Stirnseiten hin abgedichtet ist hier eine Abdichtung zwischen der jeweiligen rotierenden Hohlwelle und einer Aufnahme in dem Block gemeint, so dass an dieser Stelle kein unter Druck stehendes Arbeitsmedium entweichen und dadurch der Wirkungsgrad der Arbeitsmaschine geschmälert werden kann. Ein solcher Block lässt sich einerseits einfach herstellen und bildet andererseits neben der Lagerung der Hohlwellen und damit der Ausgestaltung der Ventilanordnung zugleich die Abdichtung der Zylinder im oberen Abschnitt, stellt also die Zylinderkopfdichtung dar. In dem Block können dann auch die Einlass- bzw. Auslassöffnungen der Zylinder gebildet sein, die mit den Durchtrittsöffnungen der Hohlwellen für die Ventilfunktion zusammenwirken. Durch Austausch der herkömmlichen Zylinderköpfe mit den herkömmlichen Ventilanordnungen (beispielsweise Tellerventile) sowie der für die Ventilbetätigung vorgesehenen Nockenwelle gegen einen die erfindungsgemäße Ventilanordnung bildenden Block mit den daran angeordneten Hohlwellen und Anschluss der Hohlwellen für die Rotation kann auf einfache Weise ein herkömmlicher Verbrennungsmotor mit einer Zylinderreihenordnung zu einer erfindungsgemäßen thermodynamischen Arbeitsmaschine, die mit einem gasförmigen entspannenden Arbeitsmedium und ohne Verbrennung arbeitet, umgerüstet werden.

[0017] Wie vorstehend bereits schon einmal erwähnt kann bei der erfindungsgemäßen Arbeitsmaschine vorgesehen sein, dass die Arbeitskolben der Zylinder über Pleuelstangen mit einer Kurbelwelle verbunden sind, die im Betrieb durch die Auf- und Abbewegung der Arbeitskolben zur Rotation angetrieben wird. Dabei kann dann weiterhin mit Vorteil die Kurbelwelle zum Drehantrieb der Hohlwellen mit diesen Hohlwellen gekoppelt sein. Dadurch lässt sich eine abgestimmte Steuerung der Ventilöffnung bezogen auf die Position des Kolbens im jeweiligen Zylinder erzielen. Diese Kopplung zwischen der Kurbelwelle und den Hohlwellen kann derart gebildet sein, dass sich ein Drehzahlverhältnis zwischen Kurbelwelle und den Hohlwellen, d.h. jeder einzelnen der Hohl-

wellen, von 2:1 ergibt. Ferner kann diese Kopplung so erfolgen, dass die Hohlwellen über ein Kopplungselement miteinander zur gleichförmigen Rotation gekoppelt sind. Dies kann mit Vorteil durch ein Zahnradgetriebe bewirkt werden, welches die Hohlwellen miteinander zur gegenläufigen Rotation bei gleicher Drehzahl koppelt.

[0018] Wie eingangs bereits erwähnt und ausgeführt, eignet sich die erfindungsgemäße thermodynamische Arbeitsmaschine insbesondere für den Betrieb mit einem in geschlossenem Kreislauf geführten Arbeitsmedium. Hierzu ist die Arbeitsmaschine dann mit Vorteil mit einem geschlossenen Kreislauf für das Arbeitsmedium verbunden. Eine solche Arbeitsmaschine kann z.B. verwendet werden, um mit dem im geschlossenen Kreislauf geführten Arbeitsmedium Abwärme aus anderen Prozessen, z.B. Abwärme aus der Verbrennung von Brennstoffen für die Wärmegewinnung oder Abwärme aus Industrieanlagen oder auch Abwärme aus elektrischen Kraftwerken betrieben werden, um diese Abwärme weiter zu nutzen und daraus mechanische Energie zu gewinnen, mit der mechanischen Energie z.B. weitere elektrische Generatoren anzutreiben.

[0019] Bei einer Anordnung von mehr als zwei Zylindern in einer Reihe, deren Einlässe bzw. Auslässe insgesamt durch die die Durchtrittsöffnungen aufweisenden Hohlwellen gesteuert geöffnet und geschlossen werden, wird eine Einstellung der Arbeitskolben in den Zylindern sowie der Position der Anordnung der Durchtrittsöffnungen in den Hohlwellen derart gestaltet werden, dass die unterschiedlichen Zylinder mit verschiedenen Takten laufen. So bietet es sich hier insbesondere an, für einen ruhigen Lauf der Arbeitsmaschine einen ersten Teil, idealerweise die Hälfte, der Zylinder in einem Arbeitstakt zu fahren, während der zweite Teil, idealerweise die zweite Hälfte der Zylinder einen Takt des Ausstoßens des entspannten Arbeitsmediums ausführt. So wird das in zwei Takten (Entspannen des Gases im Zylinder und Verrichten von Arbeit; Ausstoßen des entspannten gasförmigen Arbeitsmediums aus den Zylindern beim Aufwärtslauf der Kolben) ablaufende Antriebsverfahren so ausgeführt, dass zu jeder Zeit auf zumindest einem Teil der Zylinder, idealerweise für die Hälfte der Zylinder ein Arbeitstakt erfolgt, entsprechend Antriebskraft auf ein den Kolben nachgelagertes Element, z.B. die Kurbelwelle, übertragen wird.

[0020] Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der beigefügten Figuren. Dabei zeigen:

Fig. 1 schematisch eine Schnittansicht durch eine thermodynamische Arbeitsmaschine in einer erfindungsgemäßen Ausgestaltung mit Hohlwelle (hier die Hohlwelle für die Einlassventilsteuerung);

Fig. 2 im Ausschnitt einen Querschnitt durch einen Arbeitsraum mit darin angeordnetem Zylinder

einer erfindungsgemäße thermodynamischen Arbeitsmaschine mit den Hohlwellen der Ventilanordnungen auf Einlass- und Auslassseite;

5 Fig. 3 in einer anderen Darstellung eine mögliche Anordnung eines Ventilblocks mit den erfindungsgemäß vorzusehenden Hohlwellen in einer thermodynamischen Arbeitsmaschine gemäß der Erfindung;

10 Fig. 4 mit einer Ansicht auf die den Arbeitsräumen zugewandte Unterseite den Ventilblock auf Fig. 3 ohne darin eingesetzte Hohlwellen;

15 Fig. 5 in einer Längsschnittdarstellung die Hohlwelle der Auslassventilanordnung ohne aufgesetzte Endkappen;

20 Fig. 6 die Hohlwelle aus Fig. 5 in einer dreidimensionalen Ansicht;

25 Fig. 7 in einer der Fig. 5 vergleichbaren Schnittansicht die Hohlwelle der Eingangsventilanordnung, wiederum ohne aufgesetzte Endkappen;

30 Fig. 8 die Hohlwelle aus Fig. 7 in einer der Fig. 6 vergleichbaren dreidimensionalen Darstellung;

Fig. 9 die Hohlwelle der Auslassventilsteuerung in einer Aufsicht und mit montierten Endkappen;

35 Fig. 10 die Hohlwelle der Einlassventilsteuerung in einer der Ansicht in Fig. 9 vergleichbaren Ansicht mit aufgesetzten Endkappen; und

40 Fig. 11 in zwei Ansichten a und b zwei unterschiedliche Gestaltungsformen der die Hohlwellen stirnseitig verschließenden Endkappen mit daran angeformten Antriebszapfen.

45 **[0021]** In den Figuren sind schematische Darstellungen für mögliche Ausgestaltungsvarianten der Erfindung, insbesondere der erfindungsgemäßen thermodynamischen Arbeitsmaschine und ihrer Ventilanordnung gezeigt. Anhand dieser Figuren wird eine mögliche Ausführungsform der Erfindung nachstehend erläutert. Die 50 Figuren sind dabei keinesfalls maßstabsgerecht oder vollständige Konstruktionszeichnungen, sondern geben lediglich das Funktionsprinzip und die wesentlichen Merkmale der erfindungsgemäßen Ausgestaltung wieder und dienen allein der Erläuterung.

55 **[0022]** In Fig. 1 ist in einer Längsschnittdarstellung schematisch eine thermodynamische Arbeitsmaschine 1 in erfindungsgemäßer Ausgestaltung dargestellt. Diese thermodynamische Arbeitsmaschine 1 weist in einer

Reihenanzordnung insgesamt vier zylinderförmige Arbeitsräume 2 auf, in denen Kolben 3 auf und ab bewegbar und in Umfangsrichtung abgedichtet angeordnet sind, wie dies für derartige Arbeitsmaschinen hinlänglich bekannt ist. Die Kolben 3 sind über Pleuelstangen 4 mit einer Kurbelwelle 5 verbunden, die in bekannter Weise gekröpft verläuft und zusammen mit den Pleuelstangen 4 der Umsetzung einer Linearbewegung der Kolben 3 in eine Drehbewegung, die die Kurbelwelle 5 ausführt, dient.

[0023] In der Fig. 1 ist die Einlassventilanordnung gezeigt, über die ein Arbeitsmedium in die zylinderförmigen Arbeitsräume 2 eingelassen werden kann. Eine in der erfindungsgemäßen Arbeitsmaschine 1 ebenfalls installierte Auslassventilanordnung ist in dieser Darstellung nicht gezeigt. Die Einlassventilanordnung umfasst eine Hohlwelle 9, die in einem Ventilblock 6 angeordnet ist und passgenau in einen in den Ventilblock 6 gebildeten Wellenlager 8 liegt, darin rotieren kann. Die Hohlwelle 9 weist in ihrem Inneren einen durchgehenden Hohlraum 10 auf, der umfangsseitig durch eine Außenwand 11 (vgl. Fig. 2) der Hohlwelle 9 begrenzt ist. Stirnseitig ist die Hohlwelle 9 ebenfalls verschlossen. Die Art und Weise, wie dieser Verschluss ausgeführt ist, wird nachstehend insbesondere anhand der Figuren 9 bis 11 näher erläutert werden.

[0024] In der Außenwand 11 weist die Hohlwelle 9 Durchtrittsöffnungen 12 in Form von in Längsrichtung der Hohlwelle 9 verlaufenden Schlitzpaaren auf. Dabei sind an korrespondierenden Längspositionen der Hohlwelle 9 jeweils einander diametral gegenüberliegend im Wesentlichen identisch geformte Schlitzpaare angeordnet. Entlang ihrer Längsrichtung weist die Hohlwelle 9 in ihrer Außenwand 11 insgesamt vier derartige Schlitzpaare auf. Dabei ist die diametrale Orientierung der beiden entlang der Längserstreckung der Hohlwelle 9 außen gelegenen Schlitzpaare gleich. Die beiden in Hinblick auf die Längserstreckung der Hohlwelle 9 innen gelegenen Schlitzpaare sind ebenfalls in ihrer diametralen Orientierung gleich angeordnet, jedoch um 90° winkelversetzt zu den Orientierungen der jeweils zu den axialen Enden der Hohlwelle 9 gelegenen Schlitzpaare.

[0025] In der Fig. 1 ist zu erkennen, dass in der dort gezeigten Drehstellung die Hohlwelle 9 in einer solchen Drehstellung befindlich ist, dass die benachbart zu den axialen Enden der Hohlwelle 9 gelegenen Durchtrittsöffnungen 12 mit einerseits der Zuführleitung 7 und andererseits einer Einlassöffnung 13 in den jeweiligen Arbeitsraum 2 der außen liegenden Zylinder fluchten. So kann hier, durch die Pfeile angedeutet, Arbeitsmedium aus der Zuführleitung 7 in den Hohlraum 10 der Hohlwelle 9 einströmen und von dort in den jeweiligen Arbeitsraum 2 der beiden äußeren Zylinder eindringen und dort den jeweiligen Kolben 3 in einer in der Fig. 1 unten gezeigten Richtung antreiben. Über einen Zahnriemen 14, der auf eine auf der Nockenwelle 5 montierte Zahnriemenscheibe 15 und auf eine an der Hohlwelle 9 angeordneten, mit dieser drehfest verbundenen Zahnriemenscheibe 16 ge-

legt ist, wird die Hohlwelle 9 getaktet mit der Drehzahl der Kurbelwelle 5 zur Rotation angetrieben. Durch diese Rotation verändern sich die Lagen der Durchtrittsöffnungen 12, so dass abwechselnd die Arbeitsräume 2 der außen angeordneten Zylinder bzw. die Arbeitsräume 2 des innen liegenden Zylinderpaares mit den jeweiligen Zuführleitungen 7 verbunden werden. Durch die Kopplung zwischen Kurbelwelle 5 und Hohlwelle 9 ist sichergestellt, dass eine entsprechende Taktung eingehalten wird, bei der die Verbindung der Zuführleitungen 7 mit den zugeordneten Arbeitsräumen 2 nur dann erfolgt, wenn sich der Kolben 3 in einer wie in Fig. 1 in Bezug auf die beiden äußeren Kolben 3 dargestellten Position im Bereich des oberen Totpunktes befindet. Durch den durchgehenden Hohlraum 10 in der Hohlwelle 9 kann sich durch die verschiedenen Zuführleitungen 7 (grundsätzlich könnte hier auch lediglich eine einzige Zuführleitung 7 vorgesehen sein) einströmendes Arbeitsmedium gleichmäßig ausbreiten und liegt im Inneren der Hohlwelle 9 bereits mit hohem Druck an. Sobald über die Durchtrittsöffnungen 12, die mit korrespondierenden Einlassöffnungen 13 der zugehörigen Arbeitsräume 2 in Deckung gebracht werden, das Ventil zu dem zugehörigen Arbeitsraum 2 geöffnet wird, kann das Arbeitsmedium über eine kurze Distanz und bereits mit vollem Druck in den Arbeitsraum einströmen und dort mit hoher Effizienz Arbeit verrichten. In einem Ausführungsbeispiel kann der Druck des Arbeitsmediums, mit dem dieses in der Zuführleitung 7 anliegt und im Hohlraum 10 der Hohlwelle 9 steht, z.B. im Bereich von 10 bar liegen.

[0026] Die Kurbelwelle 5 und die Hohlwelle 9 sind in dem in Fig. 1 gezeigten Beispiel in einer 1 : 1 Übersetzung gekoppelt, d.h. sie laufen jeweils mit gleicher Rotationsgeschwindigkeit. Dadurch, dass an den jeweiligen Positionen der zugeordneten Arbeitsräume 2 die Hohlwelle 9 an ihrer Außenwand 11 diametral einander gegenüberliegend zwei Durchtrittsöffnungen 12 aufweist, wird bei jeder halben Drehung der Hohlwelle 9 Arbeitsmedium in den Arbeitsraum 2 eingespeist. Diese thermodynamische Arbeitsmaschine arbeitet also nach dem Zwei-Takt-Prinzip.

[0027] In Fig. 2 ist in einem Querschnitt ein Ausschnitt aus der Arbeitsmaschine 1 gemäß Fig. 1 dargestellt. Dort ist gut zu erkennen, dass in dem Ventilblock 6 neben der anhand der Fig. 1 oben bereits näher erläuterten Hohlwelle 9 mit dem Bestandteil der Einlassventilanordnung bildenden Durchtrittsöffnungen 12 in einem weiteren in dem Ventilblock 6 ausgebildeten Wellenlager 17 eine zweite Hohlwelle 18 angeordnet ist. Auch diese weist einen durchgehenden Hohlraum 19 auf, der umfangsseitig von einer Außenwand 20 der Hohlwelle 18 begrenzt ist. In der Außenwand 20 dieser weiteren Hohlwelle 18 sind ebenfalls Durchtrittsöffnungen 21 vorgesehen, die ebenfalls schlitzförmig gebildet sind und sich in Längsrichtung dieser Hohlwelle 18 erstrecken. Auch diese Öffnungen 21 liegen an diametral einander gegenüberliegenden Positionen in der Außenwand 20 der Hohlwelle 18. Auch bei dieser Hohlwelle 18 sind insgesamt vier

Paare von einander diametral gegenüberliegenden Durchtrittsöffnungen 21 angeordnet, wobei auch hier die jeweils dem axialen Ende der Hohlwelle 18 benachbarten Paare aus einander gegenüberliegenden schlitzförmigen Durchtrittsöffnungen 21 in gleicher Ausrichtung, die dazwischen gelegenen mittleren Paare in einer um einen 90° Winkel zu diesem verschobenen Ausrichtung angeordnet sind. Im Betrieb sind die beiden Hohlwellen 9 und 18 so orientiert, dass zugehörige Paare von Durchtrittsöffnungen 12 bzw. 21, die einem Arbeitsraum 2 zugeordnet sind, um einen 90° Winkel verschoben angeordnet sind, wie dies in Fig. 2 gut zu erkennen ist. Zu erkennen ist dort auch, dass das Wellenlager 17 eine Verbindung zu einer Abführleitung 22 aufweist, die dann, wenn eine entsprechende Durchtrittsöffnung 21 in der Außenwand 20 der Hohlwelle 18 dieser gegenüberliegt, freigegeben ist. Weiterhin ist eine Auslassöffnung 23 am oberen Ende des Arbeitsraumes 2 zu erkennen, die ebenfalls mit einer der Durchtrittsöffnungen 21 der Hohlwelle 18 in Überdeckung gebracht werden kann, um so einen Auslass aus dem Arbeitsraum 2 freizugeben. Auch die zweite Hohlwelle 28 ist (hier nicht näher dargestellt) mit der Kurbelwelle 5 in einer 1:1 Übersetzung zum Rotationsantrieb verbunden, so dass sie sich mit derselben Drehzahl wie die Kurbelwelle 5 und auch wie die Hohlwelle 18 in dem Wellenlager 17 dreht. Durch die um 90° relativ zu der Anordnung der Hohlwelle 18 versetzte Anordnung der Hohlwelle 18 wird erreicht, dass im Bereich des unteren Totpunktes des Kolbens 3 im Arbeitsraum 2 die Auslassöffnung 23 durch eine Durchtrittsöffnung 21 geöffnet und die Abführleitung 22 freigegeben wird. So kann beim erneuten Aufwärtsbewegen des Kolbens 3 entspanntes Arbeitsmedium ausgestoßen werden. Hierfür sind insbesondere die Durchtrittsöffnungen 21 in der zweiten Hohlwelle 18 in Umfangsrichtung gesehen breiter ausgebildet (in der Fig. 2 ist lediglich eine schematische Darstellung gegeben), so dass für den Ausstoßvorgang ausreichend Zeit verbleibt, um den Arbeitsraum 2 ohne einen Widerstand von entspanntem Arbeitsmedium zu befreien. Die in Umfangsrichtung gesehene Breite der schlitzförmigen Durchtrittsöffnungen 12 in der Hohlwelle 18 auf der Einlassventilseite sind hingegen gering gehalten, um hier ein schlagartiges Beaufschlagen des Arbeitsraumes 2 mit unter Druck stehendem Arbeitsmedium zu veranlassen mit kurzer Öffnungszeit.

[0028] In Fig. 3 ist zu erkennen, wie die Verbindung auch der zweiten Hohlwelle 18 mit der Kurbelwelle 5 bewerkstelligt ist. Die erste Hohlwelle 18 ist auf einer Seite mit der Zahnriemenscheibe 16 verbunden, auf der gegenüberliegenden Seite ist ihr zweites axiales Ende mit einem Zahnrad 24 verbunden. Dieses Zahnrad kämmt mit einem Zahnrad 25, welches auf dem benachbarten axialen Ende der zweiten Hohlwelle 18 aufgesetzt und mit gleicher Zahnung versehen ist. Dadurch wird eine 1:1-Kopplung der beiden Hohlwellen 9 und 18 erreicht.

[0029] In Fig. 4 ist eine Ansicht des Ventilblocks 6 von der den Arbeitsräumen 2 zugewandten Unterseite her gezeigt. Zu erkennen sind dort die Einlassöffnungen 13

und Auslassöffnungen 23, die eine Verbindung zu den jeweiligen Arbeitsräumen 2 schaffen. Zu erkennen ist ferner eine Dichtnut 26, die diese Öffnungen im geschlossenen Verlauf umschließt und in die eine entsprechende Dichtung zum Abdichten dieses Bereiches der Zylinderköpfe eingebracht wird. Ferner können in dieser Darstellung die als Zylinderbohrungen ausgebildeten Wellenlager 8 und 17 für die Hohlwelle 9 bzw. 18 (in dieser Darstellung nicht gezeigt) gut gesehen werden.

[0030] In den Figuren 5 und 6 ist in zwei unterschiedlichen Darstellungen, einmal einer Längsschnittdarstellung (Fig. 5) und einmal einer dreidimensionalen Ansicht schräg von einer Stirnseite her noch einmal die Hohlwelle 18 der Auslassventilanordnung gezeigt. Gut zu erkennen sind hier die Durchtrittsöffnungen 21, die paarweise einander gegenüberliegend angeordnet sind und auch der durchgehende Hohlraum 19. Insbesondere der Vergleich mit den gleichartigen Darstellungen der Hohlwelle 9 in den Figuren 7 und 8 zeigt, dass bei der Hohlwelle 18 die schlitzförmigen Durchtrittsöffnungen 21 mit einer wesentlich größeren Breite in Umfangsrichtung der Außenwand 20 verlaufen für eine entsprechend lang andauernd gesteuerte Auslasszeit.

[0031] In den Figuren 7 und 8 ist, wie bereits erwähnt, in zu den Figuren 5 und 6 vergleichbaren Darstellungen die Hohlwelle 9 der Einlassventilanordnung noch einmal gezeigt. Auch hier ist diese Hohlwelle 9 ohne ihre axialen Enden verschließende Abschlusselemente (Endkappen) dargestellt. Auch hier lässt sich gut erkennen, wie die schlitzförmigen Durchtrittsöffnungen 12 in versetzter Anordnung paarweise zueinander in der Außenwand 11 angeordnet und eingebracht sind. Die in Umfangsrichtung gesehenen Schlitzbreiten der Durchgangsöffnungen 12 sind hier deutlich kleiner als bei der Hohlwelle 18, so dass für den Einlassvorgang kurze Einlass- bzw. Steuerzeiten erreicht werden können.

[0032] In den Figuren 9 und 10 sind die Hohlwellen 18 bzw. 9 noch einmal in einer Seitenansicht mit aufgesetzten Endkappen 27 bzw. 28 (mit angeformten Zapfen) gezeigt, die einen Verschluss der Stirnseiten der Hohlwellen und damit einen Abschluss der Hohlräume bedingen und zum anderen eine Anordnung der Zahnräder bzw. der Zahnriemenscheibe auf dem Zapfen erlauben und somit eine Übertragung des Rotationsantriebes. Diese Endkappen 27 bzw. 28 sind in Fig. 11a bzw. b noch einmal in vergrößerter Darstellung gezeigt.

Bezugszeichenliste

1	Arbeitsmaschine
2	Arbeitsraum
3	Kolben
4	Pleuelstange
5	Kurbelwelle
6	Ventilblock
7	Zuführleitung
8	Wellenlager
9	Hohlwelle

(fortgesetzt)

10	Hohlraum	
11	Außenwand	
12	Durchtrittsöffnung	5
13	Einlassöffnung	
14	Zahnriemen	
15	Zahnriemenscheibe	
16	Zahnriemenscheibe	
17	Wellenlager	10
18	Hohlwelle	
19	Hohlraum	
20	Außenwand	
21	Durchtrittsöffnung	15
22	Abführleitung	
23	Auslassöffnung	
24	Zahnrad	
25	Zahnrad	
26	Dichtnut	20
27	Endkappe	
28	Endkappe	

kennzeichnet, dass die Durchtrittsöffnungen (12, 21) schlitzförmig gebildet sind mit einer Längserstreckung parallel zur Längsachse der jeweiligen Hohlwelle (9, 18).

3. Arbeitsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Durchtrittsöffnungen (12) der ersten Hohlwelle (9) in der Umfangsrichtung der ersten Hohlwelle (9) einer geringere Öffnungsweite aufweisen als die in Umfangsrichtung der zweiten Hohlwelle (18) gesehene Öffnungsweite der Durchtrittsöffnungen (21) dieser zweiten Hohlwelle (18).

4. Arbeitsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der ersten (9) und in der zweiten (18) Hohlwelle pro Zylinder (2) jeweils zwei mit dem Einlass (13) bzw. dem Auslass (23) des jeweiligen Zylinders (2) bei Rotation der jeweiligen Hohlwelle (9, 18) zusammenwirkende Durchtrittsöffnungen (12, 21) in der Umfangswand (11, 20) der Hohlwelle (9, 18) vorgesehen sind, die einander diametral gegenüberliegen.

Patentansprüche

1. Thermodynamische Arbeitsmaschine für den Betrieb mit einem gasförmigen Arbeitsmedium mit wenigstens zwei je einen darin bewegbaren Arbeitskolben (3) aufweisenden Zylindern (2), die jeweils einen Einlass (13) und einen Auslass (23) aufweisen, und mit einer ersten Ventilanordnung (8, 9) zum Öffnen und Schließen der Einlässe (13) sowie einer zweiten Ventilanordnung (17, 18) zum Öffnen und Schließen der Auslässe (23), **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Ventilanordnung (8, 9) eine zu ihren Stirnseiten hin abgedichtete, im Betrieb der Arbeitsmaschine (1) zur Rotation um ihre Längsachse angetriebene erste Hohlwelle (9) mit in ihrer Umfangswand (11) angeordneten und in dem innerhalb der ersten Hohlwelle (9) liegenden Hohlraum (10) mündenden Durchtrittsöffnungen (12) enthält und dass die zweite Ventilanordnung (17, 18) eine zu ihren Stirnseiten hin abgedichtete, im Betrieb der Arbeitsmaschine (1) zur Rotation um ihre Längsachse angetriebene zweite Hohlwelle (18) mit in ihrer Umfangswand (20) angeordneten und in dem innerhalb der zweiten Hohlwelle (18) liegenden Hohlraum (19) mündenden Durchtrittsöffnungen (21) enthält, wobei die Durchtrittsöffnungen (12, 21) der Hohlwellen (9, 18) derart angeordnet sind, dass sie bei Rotation der Hohlwellen (9, 18) um ihre jeweilige Längsachse mit den Einlässen (13) bzw. den Auslässen (23) der Zylinder (2) zum Bilden einer Durchströmverbindung verbindbar sind.

2. Arbeitsmaschine nach Anspruch 1, **dadurch ge-**

25 5. Arbeitsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hohlwellen (9, 18) in einem gegenüber den Zylindern (2) abgedichteten, die Einlässe (13, 23) und die Auslässe aufweisenden Block (6) rotierbar angeordnet und zu den Stirnseiten hin abgedichtet sind.

30 6. Arbeitsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Arbeitskolben (3) der Zylinder (2) über Pleuelstangen (4) mit einer Kurbelwelle (5) verbunden sind und diese im Betrieb zur Rotation antreiben und dass die Kurbelwelle (5) zum Dreh-Antrieb der Hohlwellen (9, 18) mit diesen gekoppelt ist.

35 7. Arbeitsmaschine nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kopplung zwischen der Kurbelwelle (5) und den Hohlwellen (9, 18) derart gebildet ist, dass sich ein Drehzahlverhältnis zwischen Kurbelwelle (5) und den Hohlwellen (9, 18) von 2:1 ergibt.

40 8. Arbeitsmaschine nach einem der Ansprüche 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hohlwellen (9, 18) über ein Kopplungselement (24, 25) miteinander zur gleichförmigen Rotation gekoppelt sind.

45 9. Arbeitsmaschine nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hohlwellen (9, 18) über ein Zahnradgetriebe miteinander zur gegenläufigen Rotation bei gleicher Drehzahl gekoppelt sind.

50 10. Arbeitsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie mit

einem geschlossenen Kreislauf für das Arbeitsmedium verbunden ist.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

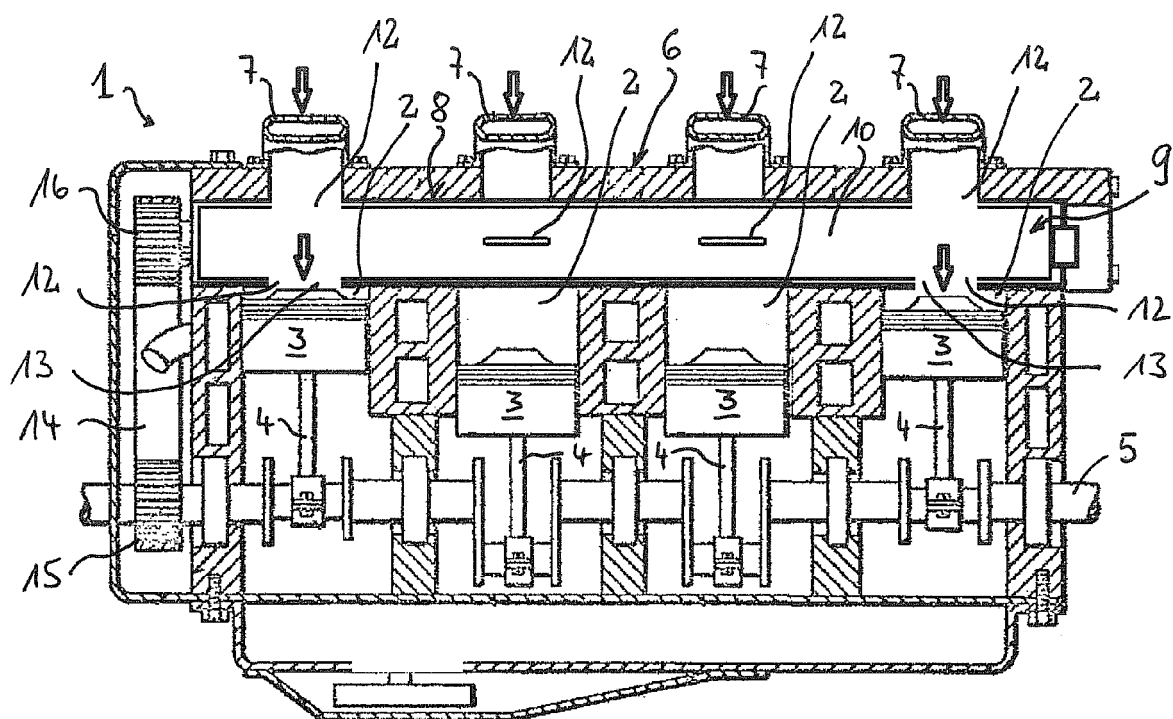


Fig. 1

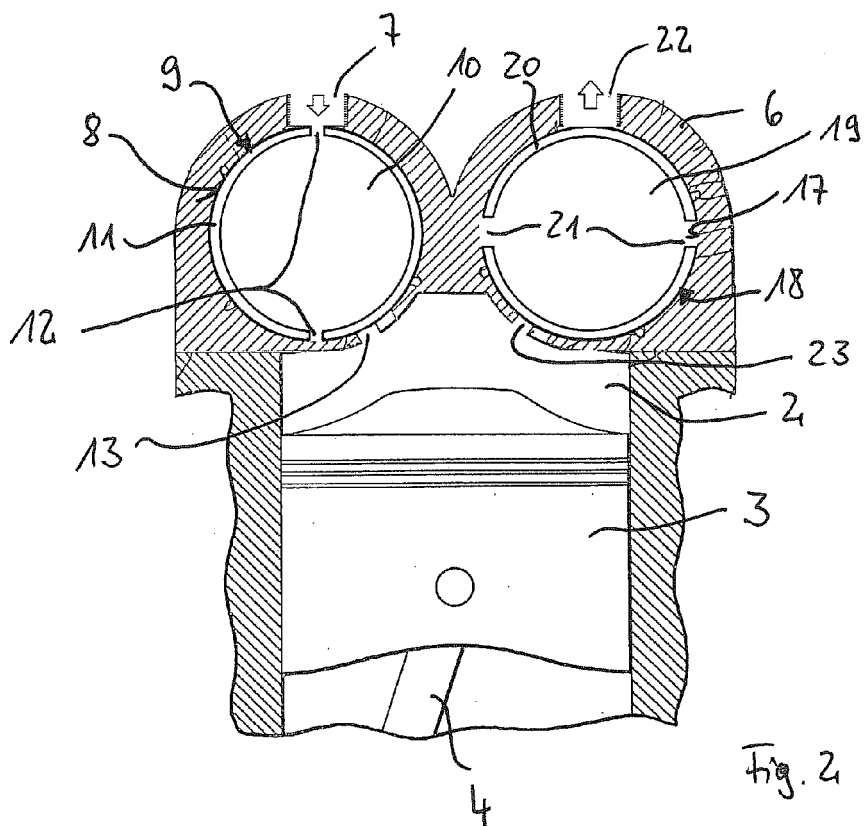
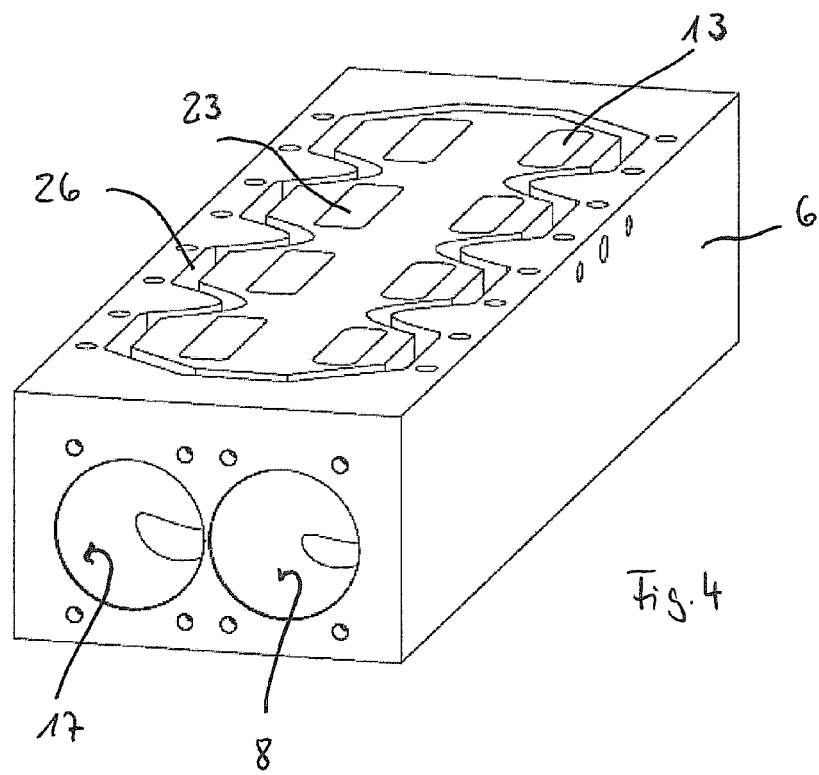
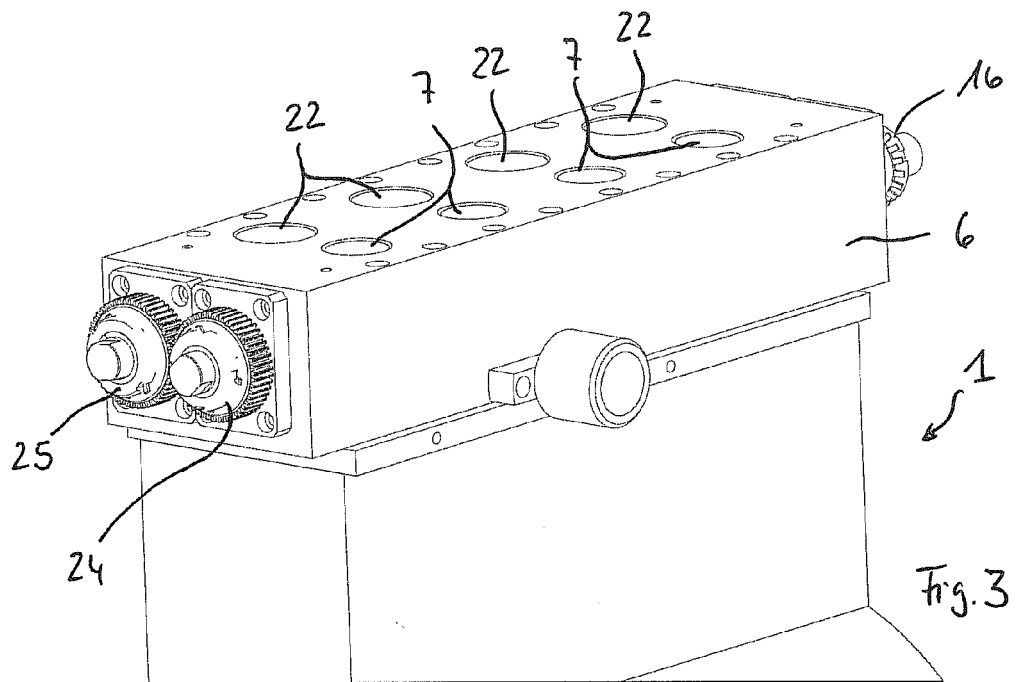


Fig. 2



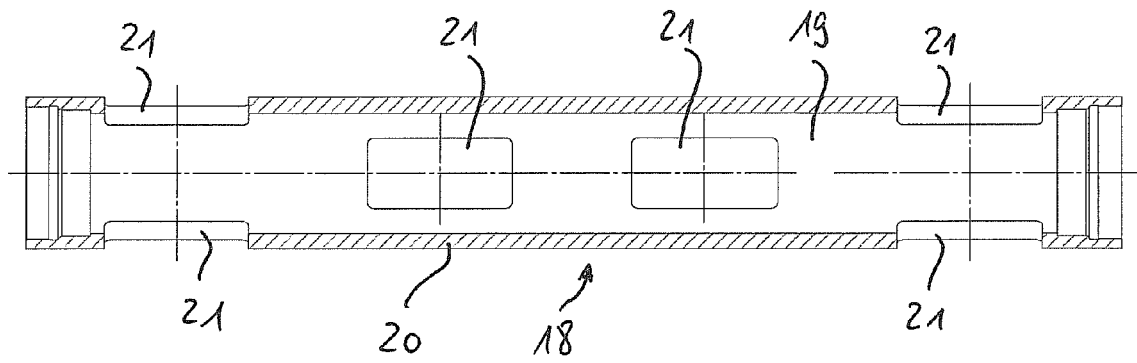


Fig. 5

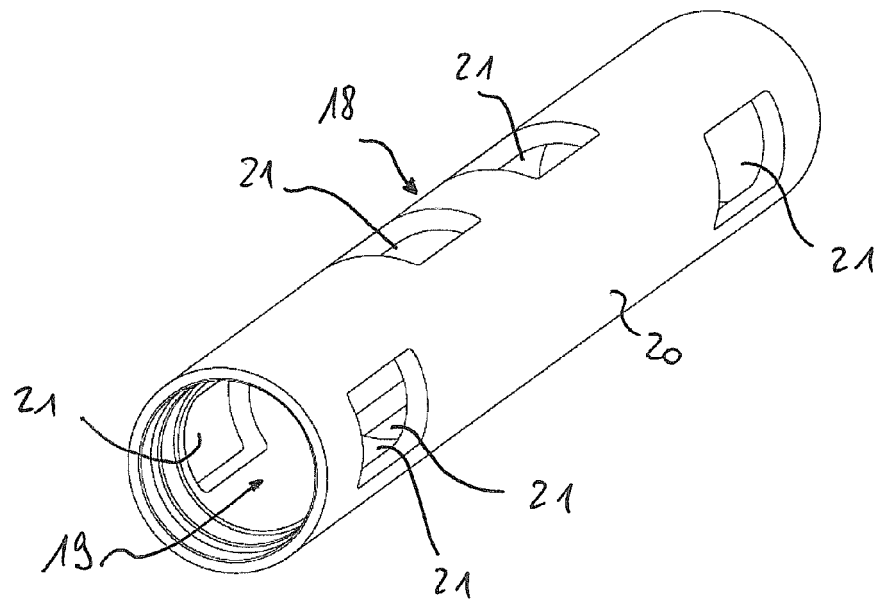


Fig. 6

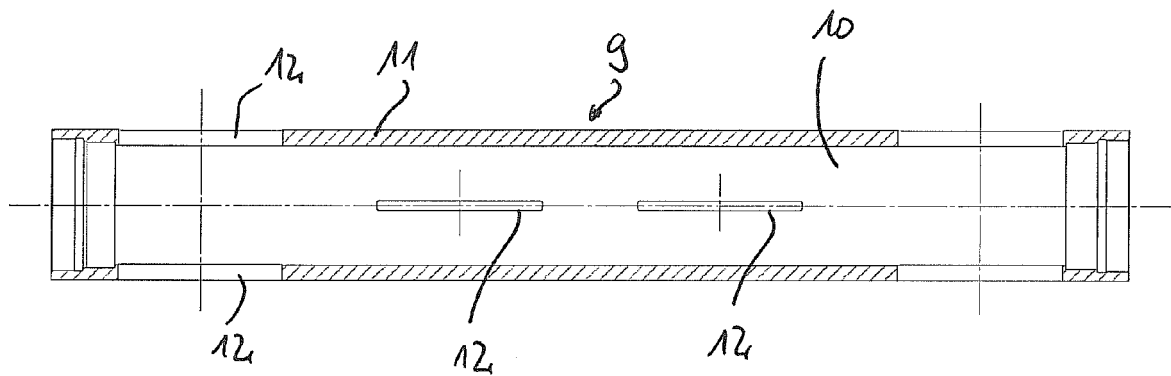


Fig. 7

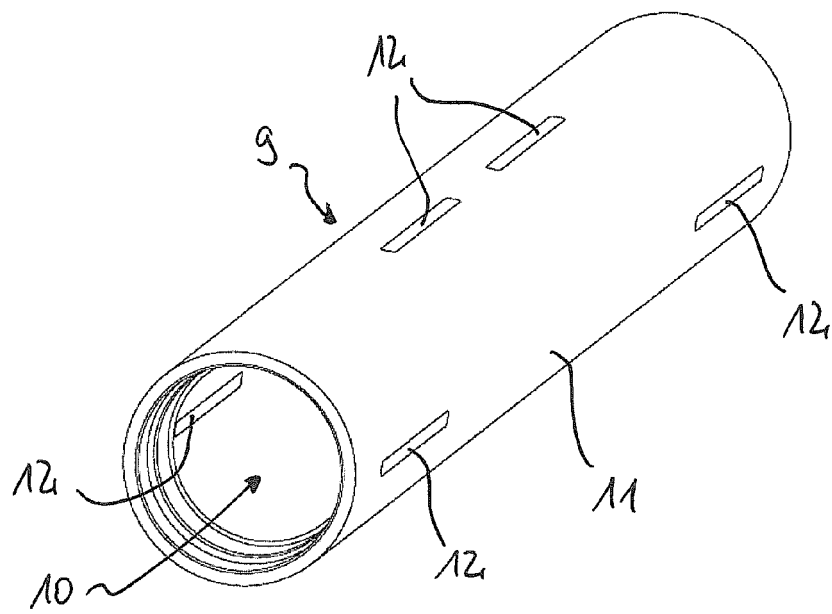


Fig. 8

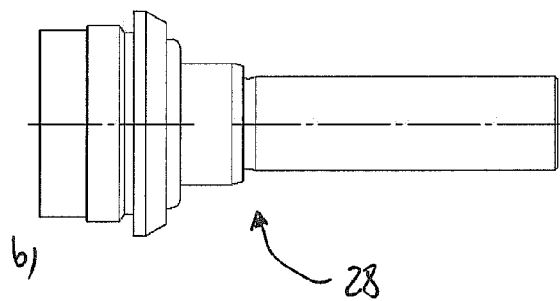
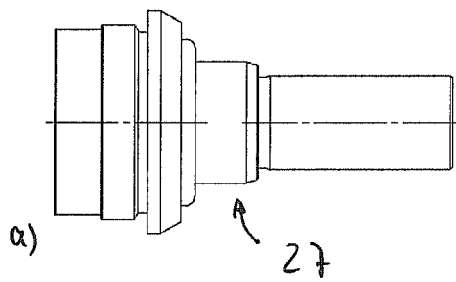
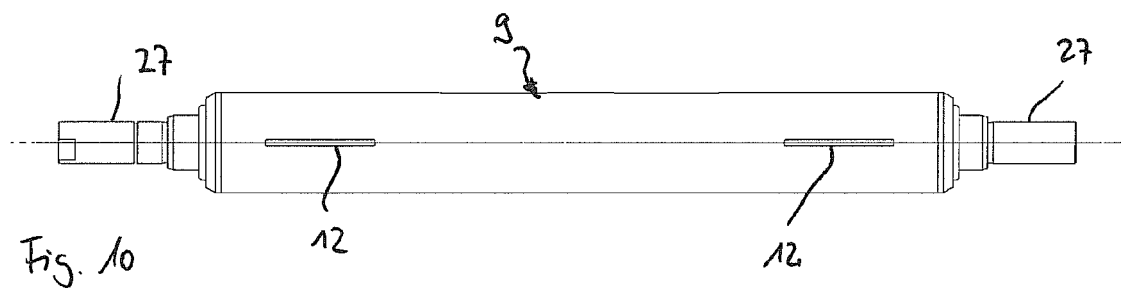
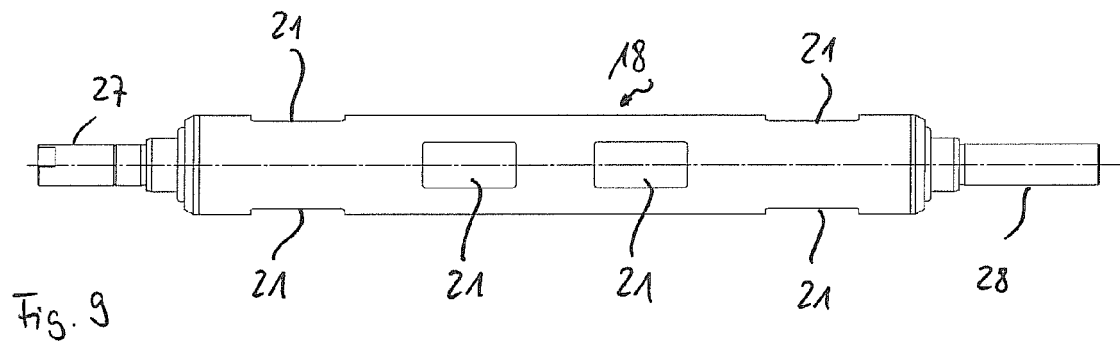


Fig. 11



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 13 16 0291

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 5 152 259 A (BELL DARRELL W [US]) 6. Oktober 1992 (1992-10-06) * Zusammenfassung; Abbildungen *	1	INV. F01L7/02
X	DE 39 43 069 A1 (PAAR DIETER [DE]) 4. Juli 1991 (1991-07-04) * Zusammenfassung; Abbildungen *	1	
A	DE 34 22 826 A1 (WARZECHA FRANK [DE]) 20. Dezember 1984 (1984-12-20) * das ganze Dokument *	1-10	
A	DE 38 38 796 A1 (MICHL UWE [DE]) 23. Mai 1990 (1990-05-23) * das ganze Dokument *	1-10	
A	US 4 949 685 A (DOLAND GEORGE J [US] ET AL) 21. August 1990 (1990-08-21) * das ganze Dokument *	1-10	
A,D	DD 146 198 A5 (HOPKINS PHILLIP R) 28. Januar 1981 (1981-01-28) * das ganze Dokument *	1-10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	GB 2 088 472 A (HASSELL LEONARD ALAN) 9. Juni 1982 (1982-06-09) * das ganze Dokument *	1-10	F01L
A	US 5 315 969 A (MACMILLAN KEVIN M [US]) 31. Mai 1994 (1994-05-31) * das ganze Dokument *	1-10	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 18. September 2013	Prüfer Paulson, Bo
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1503 (03.82) (P04C03)

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

EP 13 16 0291

18-09-2013

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

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5152259 A	06-10-1992	KEINE	
DE 3943069 A1	04-07-1991	KEINE	
DE 3422826 A1	20-12-1984	KEINE	
DE 3838796 A1	23-05-1990	KEINE	
US 4949685 A	21-08-1990	KEINE	
DD 146198 A5	28-01-1981	KEINE	
GB 2088472 A	09-06-1982	KEINE	
US 5315969 A	31-05-1994	KEINE	

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DD 146198 [0004]
- DE 60123987 T2 [0005] [0006]