

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
19. November 2009 (19.11.2009)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/138233 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
F02G 1/043 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/003441

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. Mai 2009 (14.05.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2008 023 793.0 15. Mai 2008 (15.05.2008) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **MASCHINENWERK MISSELHORN
GMBH** [DE/DE]; Grimmstr. 4, 80336 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **MISSELHORN, Jür-
gen** [DE/DE]; Forststr. 12, 70794 Filderstadt (DE).

(74) Anwalt: **WAGNER, Karl, H.**; WAGNER & GEYER,
Gewürzmühlstr. 5, 80538 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,

BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG,
SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,
LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI,
SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i)

— hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent
zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: HEAT ENGINE

(54) Bezeichnung: WÄRMEKRAFTMASCHINE

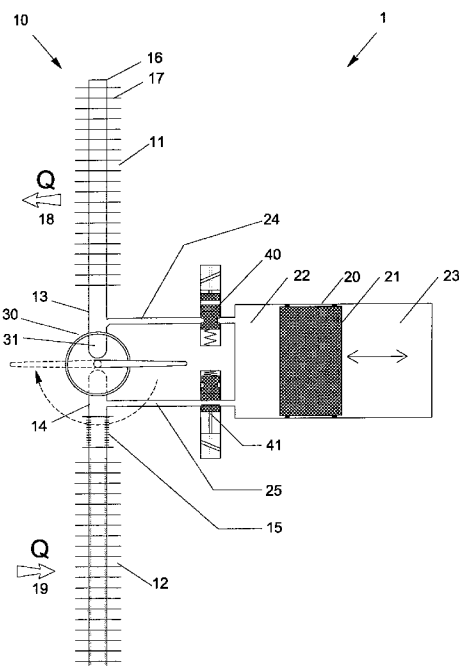


Fig. 1

(57) Abstract: The disclosed embodiments of a heat engine which uses the caloric content of a hot medium by better utilizing the isochoric changes of state in a cycle encompassing six changes of state (two isobaric, two isochoric, and two isothermal ones) allow the design complexity to be reduced. In order to do so, the heat engine comprises at least one couple of heat exchangers with a condenser as well as an evaporator. At least one working medium transfer element is arranged between the condenser and the evaporator of the couple of heat exchangers. At least one working motor is provided which is driven by a working medium. A connecting pipe is provided between the condenser and the working motor, and another connecting pipe is provided between the evaporator and the working motor. Valve means are arranged between the couple of heat exchangers and the working motor and selectively open or close a flow medium connection therebetween.

(57) Zusammenfassung: Bei einer Wärmekraftmaschine, die den Energiegehalt eines warmen Mediums durch eine bessere Ausnutzung der isochoren Zustandsänderungen in einen Kreisprozess mit sechs Zustandsänderungen (zwei Isobaren, zwei Isochoren und zwei Isothermen) nutzt, ist es mit Hilfe der hier offenbarten Ausführungsformen möglich, den konstruktiven Aufwand zu verringern. Die Wärmekraftmaschine weist dabei mindestens ein Wärmetauscherpaar mit einem Verflüssiger und einen Verdampfer auf. Mindestens ein Arbeitsstoffüberträger ist zwischen dem Verflüssiger und dem Verdampfer des Wärmetauscherpaares angeordnet. Mindestens ein durch Arbeitsstoff angetriebener Arbeitsmotor ist vorgesehen. Eine Verbindungsleitung zwischen dem Verflüssiger und dem Arbeitsmotor und eine Verbindungsleitung zwischen dem Verdampfer und dem Arbeitsmotor sind vorgesehen. Ventilmittel sind zwischen dem Wärmetauscherpaar und dem Arbeitsmotor angeordnet und öffnen oder schließen selektiv eine Strömungsmittelverbindung dazwischen.



-
- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)
- Veröffentlicht:**
- ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

Wärmekraftmaschine

Bei der vorliegenden Erfindung handelt es sich um eine Wärmekraftmaschine, die einen Kreisprozess mit sechs Zustandsänderungen (zwei Isobaren,
5 zwei Isochoren und zwei Isothermen) ausführt. Insbesondere bezieht sie sich auf eine derartige Wärmekraftmaschine mit einem vereinfachten mechanischen Aufbau.

10 Dampf- und Gasturbinen, Blockheizkraftwerke und Stromaggregate mit Diesel- oder Ottomotoren sind die zur Zeit vorwiegend zur Stromerzeugung eingesetzten Wärmekraftmaschinen. Die genannten Stromerzeuger können, bis auf Dampfturbinen, nur im geringen Maße mit regenerativen Brennstoffen betrieben werden.

15 Alle diese Wärmekraftmaschinen haben eines gemeinsam. Sie können nur einen relativ geringen Teil der eingesetzten Energie, ca. 30 - 40%, in mechanische Arbeit und somit auch in Strom umsetzen. Die restlichen 60 – 70% der Primärenergie gehen als Wärmeenergie verloren, wenn sie nicht als Heizwärme genutzt werden können.

20

Um bei nicht bestehendem Heizbedarf diese überschüssige Energie zu nutzen, wurden verschiedene Wärmekraftmaschinen entwickelt, die auch bei niedrigen Temperaturen mit einem hinnehmbaren Wirkungsgrad arbeiten. Zu diesen Entwicklungen zählt auch der "Organic Rankine Cycle" (ORC), bei
25 dem anstelle des Wassers und Wasserdampfes organische Verbindungen als Arbeitsstoff genutzt werden, deren Verdampfungstemperaturen und Dampfdrücke einen Betrieb bei niedrigen Temperaturen zulassen. In der jüngsten Vergangenheit sind einige ORC-Anlagen in Betrieb genommen worden. Mit den ORC-Anlagen kann auch regenerierbare Energie, wie zum
30 Beispiel Erdwärme aus geothermischen Quellen, in Arbeit umgesetzt werden.

Zum Stand der Technik sei auf die Druckschrift DE102005013287 B3 mit dem Titel "Wärmekraftmaschine" hingewiesen, aus der eine Wärmekraftmaschine mit Wärmeüberträgern bekannt ist, die mit externer Wärmequelle Arbeit verrichtet. Die Arbeit wird in einem Kreisprozess erzeugt, der aus
5 sechs Zustandsänderungen besteht: zwei Isobaren, zwei Isochoren, zwei Isothermen. In der Wärmekraftmaschine finden vorzugsweise mehrere derartige Kreisprozesse gleichzeitig statt, sie sind jedoch zeitlich versetzt.

Die Wärmetauscher dieser bekannten Wärmekraftmaschine bestehen aus
10 zwei Teilen. Der eine Teil ist ein Verflüssiger, der gekühlt wird, und der andere Teil ist ein Verdampfer, der beheizt wird. Alle Wärmetauscher sind sternförmig um die Mittelachse des Arbeitszylinders angeordnet und rotieren um diese herum.

15 Die Wärmekraftmaschine gemäß der vorliegenden Erfindung weist auch im Niedertemperaturbereich einen relativ hohen Wirkungsgrad auf. Mit dieser Wärmekraftmaschine soll unter anderem ein Teil der Abwärme aus Industrie oder Kraftanlagen zurück gewonnen werden, die durch Auslass von warmer Abluft oder warmer Flüssigkeit verloren gehen würde.

20 Ebenfalls kann allgemein Energie aus Flüssigkeiten und Gasen zurück gewonnen werden, die über regenerative Energiequellen auf ein niedriges Temperaturniveau aufgeheizt wurden. Vor allem soll ein Teil der Wärme, welche üblicher Weise bisher wegen des niedrigen Temperaturniveaus nicht
25 wirtschaftlich genutzt werden kann, mittels der hier offenbarten Wärmekraftmaschine in Strom oder Arbeit umgesetzt werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den konstruktiven Aufwand einer Wärmekraftmaschine zu verringern, die den Energiegehalt eines warmen
30 Mediums durch eine bessere Ausnutzung der isochoren Zustandsänderungen nutzt.

Das Ziel der vorliegenden Erfindung wird durch eine Wärmekraftmaschine erreicht, die mindestens ein Wärmetauscherpaar, das einen Verflüssiger und einen Verdampfer aufweist, mindestens einen Arbeitsstoffüberträger, der zwischen dem Verflüssiger und dem Verdampfer des Wärmetauscherpaars angeordnet ist, mindestens einen durch Arbeitsstoff angetriebenen Arbeitsmotor mit einer Verbindungsleitung zwischen dem Verflüssiger und dem Arbeitsmotor und einer Verbindungsleitung zwischen dem Verdampfer und dem Arbeitsmotor sowie Ventilmittel aufweist, die zwischen dem Wärmetauscherpaar und dem Arbeitsmotor angeordnet sind und eine Strömungsmittelverbindung dazwischen selektiv öffnen oder schließen. Der Anzahl der Komponenten wird so verringert und die Abdichtung der einzelnen Bauteile wird dadurch vereinfacht.

Vorzugsweise weisen die Ventilmittel ein Ventil, das in der Verbindungsleitung zwischen dem Verflüssiger und dem Arbeitsmotor angeordnet ist; und ein Ventil auf, das in der Verbindungsleitung zwischen dem Verdampfer und dem Arbeitsmotor angeordnet ist, um eine flexible Steuerung des Betriebsablaufes zu gestatten.

Der Verflüssiger definiert einen abgeschlossenen Innenraum, und vorzugsweise ist der Arbeitsstoffüberträger mit dem untersten Teil des Innenraums verbunden, um möglichst vollständig kondensierten Arbeitsstoff zu sammeln.

Der Verdampfer definiert einen abgeschlossenen Innenraum, und vorzugsweise ist der Arbeitsstoffüberträger mit dem oberen Teil des Innenraums verbunden, um eingeleiteten kondensierten Arbeitsstoff möglichst gleichmäßig über den gesamten Verdampfer zu verteilen.

Der Arbeitsstoffüberträger weist vorteilhafterweise mindestens einen umschaltbaren Arbeitsstofftransportraum auf, der in einer ersten Stellung selektiv mit dem Verdampfer verbunden ist, der in einer zweiten Stellung mit dem Verflüssiger verbunden ist, und der in einer dritten Stellung sowohl zum Verdampfer als auch zum Verflüssiger hin abgeschlossen ist. So wird ein Über-

strömen oder ein Druckausgleich zwischen Verdampfer und Verflüssiger vermieden, um Verluste zu minimieren.

5 Der Arbeitsmotor enthält vorzugsweise einen Arbeitskolben, der in dem Arbeitsmotor einen variablen Arbeitsraum definiert, um durch die Druckunterschiede in Verflüssiger und Verdampfer direkt Arbeit zu erzeugen.

10 Weiterhin enthält der Arbeitsmotor vorteilhafterweise einen Arbeitskolben, der mit dem Arbeitszylinder einen ersten und einen zweiten variablen Arbeitsraum definiert, um zu ermöglichen, dass der Arbeitskolben von zwei Seiten angetrieben wird, was den Wirkungsgrad der Wärmekraftmaschine verbessert.

15 Die Verbindungsleitung zwischen dem Verflüssiger und dem Arbeitsmotor und die Verbindungsleitung zwischen dem Verdampfer und dem Arbeitsmotor sind vorteilhafterweise beide mit dem Arbeitsraum verbunden, um die Verrohrung zu vereinfachen.

20 Vorteilhafterweise ist eine Vielzahl von Wärmetauscherpaaren vorgesehen, deren Verflüssiger und Verdampfer mit dem einen Arbeitsraum verbunden sind. So können schnellere Taktzeiten erreicht werden, da in den Wärmetauscherpaaren gleichzeitig verschiedene Takte der thermischen Zyklus (Verdampfung und Kondensation) ablaufen können.

25 Vorteilhafterweise sind mindestens zwei Wärmetauscherpaare vorgesehen, deren Wärmetauscherpaare mit jeweils einem der ersten und zweiten Arbeitsräume verbunden sind, um zu ermöglichen, den Arbeitskolben von zwei Seiten anzutreiben. So wird eine größere Leistung der Wärmekraftmaschine erreicht.

30

Vorzugsweise ist eine Vielzahl von Wärmetauscherpaaren vorgesehen, deren Verflüssiger und Verdampfer mit dem ersten Arbeitsraum verbunden sind, und eine weitere Vielzahl von Wärmetauscherpaaren, deren Verflüssi-

ger und Verdampfer mit dem zweiten Arbeitsraum verbunden sind. So können schnellere Taktzeiten erreicht werden, da in den Wärmetauscherpaaren gleichzeitig verschiedene Takte des thermischen Zyklus (Verdampfung und Kondensation) ablaufen können. Gleichzeitig wird auch eine größere Leistung der Wärmekraftmaschine erreicht.

Vorteilhafterweise sind in den Verdampfern Mittel zur Verteilung des Arbeitsstoffes angeordnet, um eine bessere Verteilung und damit eine schnellere Verdunstung des eingeleiteten kondensierten Arbeitsstoffes zu erreichen.

10

Die Mittel zur Verteilung sind vorzugsweise geeignet, den Arbeitsstoff über eine große Oberfläche zu verteilen, um einen schnellen Wärmeübergang auf den Arbeitsstoff vorzusehen und so schnelle Taktzeiten zu gestatten. Die Mittel zur Verteilung weisen eine Einspritzvorrichtung, Metallwolle, Metallfäden, Oberflächenstrukturen, oder Wärmeübertragungsfinnen auf, um eine schnelle Verdampfung des Arbeitsstoffes zu erreichen.

Alternativ wird das Ziel der Erfindung durch eine Wärmekraftmaschine erreicht, die weiter folgendes aufweist: eine Vielzahl von Wärmetauscherpaaren, die jeweils einen Verflüssiger und einen Verdampfer aufweisen; eine Vielzahl von Arbeitsstoffüberträgern, die jeweils zwischen dem Verflüssiger und dem Verdampfer jedes Wärmetauscherpaars angeordnet sind; mindestens einen Arbeitsmotor mit ersten und zweiten Arbeitsräumen, wobei eine erste Gruppe von Wärmetauscherpaaren mit dem ersten Arbeitsraum verbunden ist, und wobei eine zweite Gruppe von Wärmetauscherpaaren mit dem zweiten Arbeitsraum verbunden ist. Verbindungsleitungen sind zwischen den Verflüssigern der ersten Gruppe von Wärmetauscherpaaren und dem ersten Arbeitsraum des mindestens einen Arbeitsmotors angeordnet, und weitere Verbindungsleitungen sind zwischen den Verflüssigern der zweiten Gruppe von Wärmetauscherpaaren und dem zweiten Arbeitsraum des Arbeitsmotors angeordnet. Eine Vielzahl von Ventilen ist vorgesehen, wobei jeweils eines davon in der Verbindungsleitung zwischen jedem Verflüssiger und dem daran angeschlossenen Arbeitsraum des mindestens einen Ar-

beitsmotors angeordnet ist. Weiterhin sind Verbindungsleitungen zwischen den Verdampfern der ersten Gruppe von Wärmetauscherpaaren und dem ersten Arbeitsraum des mindestens einen Arbeitsmotors angeordnet, und weitere Verbindungsleitungen sind zwischen den Verdampfern der zweiten

5 Gruppe von Wärmetauscherpaaren und dem zweiten Arbeitsraum des mindestens einen Arbeitsmotors angeordnet. Eine Vielzahl von Ventilen ist vorgesehen, wobei jeweils eines davon in der Verbindungsleitung zwischen jedem Verdampfer und dem daran angeschlossenen Arbeitsraum des mindestens einen Arbeitsmotors angeordnet ist. So ergibt sich der Vorteil, dass

10 gleichzeitig eine Vielzahl von Takten des thermischen Zyklus ablaufen kann und schnellere Taktzeiten erreicht werden können.

Alternativ wird das Ziel der Erfindung durch eine Wärmekraftmaschine erreicht, die weiter folgendes aufweist: eine Vielzahl von Wärmetauscherpaaren, die jeweils einen Verflüssiger und einen Verdampfer aufweisen; eine

15 Vielzahl von Arbeitsstoffüberträgern, die jeweils zwischen dem Verflüssiger und dem Verdampfer jedes Wärmetauscherpaares angeordnet sind, mindestens einen Arbeitsmotor mit ersten und zweiten Arbeitsräumen, wobei eine erste Gruppe von Wärmetauscherpaaren mit dem ersten Arbeitsraum verbunden ist, und wobei eine zweite Gruppe von Wärmetauscherpaaren mit dem zweiten Arbeitsraum verbunden ist. Eine Verbindungsleitung zwischen den Verflüssigern der ersten Gruppe von Wärmetauscherpaaren und dem

20 ersten Arbeitsraum des Arbeitsmotors ist vorgesehen, wobei die einzelnen Verflüssiger jeweils über eine Abzweigungsleitung an die Verbindungsleitung angeschlossen sind. Weiterhin ist eine Verbindungsleitung zwischen den Verflüssigern der zweiten Gruppe von Wärmetauscherpaaren und dem zweiten Arbeitsraum des Arbeitsmotors vorgesehen, wobei die einzelnen Verflüssiger jeweils über eine Abzweigungsleitung an die Verbindungsleitung angeschlossen sind. Eine Vielzahl von Ventilen ist jeweils einzeln in den Abzweigungsleitungen zwischen jedem Verflüssiger und der daran angeschlossenen Verbindungsleitung angeordnet. Zusätzlich ist eine Verbindungsleitung zwischen den Verdampfern der ersten Gruppe von Wärmetauscherpaaren und dem ersten Arbeitsraum des Arbeitsmotors angeordnet, wobei die ein-

25

30

zelenen Verdampfer jeweils über eine Abzweigungsleitung an die Verbindungsleitung angeschlossen sind. Es sind dabei Verbindungsleitungen zwischen den Verdampfern der zweiten Gruppe von Wärmetauscherpaaren und dem zweiten Arbeitsraum des Arbeitsmotors angeordnet, wobei die einzelnen Verdampfer jeweils über eine Abzweigungsleitung an die Verbindungsleitung angeschlossen sind. Eine Vielzahl von Ventilen ist jeweils einzeln in den Abzweigungsleitungen zwischen jedem Verdampfer und der daran angeschlossenen Verbindungsleitung angeordnet. So ergibt sich der Vorteil, dass gleichzeitig eine Vielzahl von Takten des thermischen Zyklus ablaufen kann und schnellere Taktzeiten erreicht werden können.

Die erste Gruppe und die zweite Gruppe von Wärmetauscherpaaren besteht dabei vorteilhafterweise aus jeweils drei Wärmetauscherpaaren, so dass die sechs Takte des eingesetzten thermischen Kreislaufs jeweils um einen Takt verschoben ablaufen können.

Der Arbeitsmotor ist vorteilhafterweise ein Kolbenmotor mit sich linear hin und her bewegenden Kolben, um den Einsatz von bewährten Dichtungs- und Konstruktionsprinzipien zu ermöglichen.

Der Arbeitsmotor ist alternativ vorteilhafterweise ein Drehkolbenmotor mit sich rotierend bewegenden Kolben, um eine einfache Ableitung der erzeugten (Dreh-)Leistung zu einem üblichen Elektrogenerator zu gestatten. Weiterhin ergibt sich beim Einsatz eines Drehkolbenmotors eine kleinere Baugröße des Arbeitsmotors.

Vorzugsweise weist der Arbeitsstoffüberträger zwei Ventile auf, zwischen denen ein Raum zur Aufnahme von Kondensat angeordnet ist. So ergibt sich der Vorteil, dass einfach zu steuernde Ventile verwendet werden können, die in großer Vielfalt als Zukaufteile erhältlich sind. Somit kann der Konstruktionsaufwand verringert werden.

Das Ziel der Erfindung wird durch ein Verfahren zur Steuerung einer oben beschriebenen Wärmekraftmaschine erreicht, bei dem folgende Schritte vorgesehen sind: a) Schließen des Ventils zwischen dem Arbeitszylinder und dem Verflüssiger, b) Schließen des Ventils zwischen dem Arbeitszylinder und dem Verdampfer, c) Kondensieren eines gasförmigen Arbeitsstoffes im Verflüssiger, d) Sammeln von kondensiertem flüssigen Arbeitsstoff im Arbeitsstofftransportraum des Arbeitsstoffüberträgers, e) Öffnen des Ventils zwischen dem Arbeitszylinder und dem Verflüssiger, f) Einleiten von gasförmigem Arbeitsstoff in den Verflüssiger, g) Sammeln von kondensiertem flüssigem Arbeitsstoff im Arbeitsstofftransportraum des Arbeitsstoffüberträgers, h) Schließen des Ventils zwischen dem Arbeitszylinder und dem Verflüssiger, i) druckdichtes Abriegeln des kondensierten flüssigen Arbeitsstoffes im Arbeitsstofftransportraum vom Verflüssiger, j) Leiten des kondensierten flüssigen Arbeitsstoffes in den Verdampfer, k) Verdampfen des flüssigen Arbeitsstoffes in dem Verdampfer, l) Öffnen des Ventils zwischen dem Arbeitszylinder und dem Verdampfer, m) Leiten des verdampften Arbeitsstoffes in den Arbeitszylinder, n) Schließen des Ventils zwischen dem Arbeitszylinder und dem Verdampfer, o) erneutes Ausführen der Schritte ab Schritt c). Dadurch kann vorteilhafterweise ein hoher Wirkungsgrad des thermischen Kreislaufs ohne Druckverluste erreicht werden.

Der Schritt k) des Verdampfens des Arbeitsstoffes findet vorzugsweise zumindest teilweise während der folgenden Schritte l) des Öffnens des Ventils und m) des Leitens in den Arbeitszylinder statt, um den thermischen Wirkungsgrad zu erhöhen.

Vorzugsweise sind bei einem Verfahren zur Steuerung einer oben beschriebenen Wärmekraftmaschine folgende Schritte vorgesehen:

- a) Öffnen der Ventile 40A, 41X, Schließen der Ventile 40B, 40C, 40X, 40Y, 40Z, 41A, 41B, 41C, 41Y, 41Z, Sammeln von kondensiertem Arbeitsstoff in den Arbeitsstoffüberträgern 30A, 30B, 30C, 30X, 30Z;
- b) Öffnen der Ventile 41B, 40Z, Schließen der Ventile 40A, 40B, 40C, 40X, 40Y, 41A, 41C, 41Y, 41Y, 41Z, Sammeln von kondensiertem Arbeits-

- stoff in den Arbeitsstoffüberträgern 30B, 30C, 30X, 30Y, 30Z;
- c) Öffnen der Ventile 40C, 41Y, Schließen der Ventile 40A, 40B, 40X, 40Y, 40Z, 41A, 41B, 41C, 41X, 41Z, Sammeln von kondensiertem Arbeitsstoff in den Arbeitsstoffüberträgern 30A, 30B, 30C, 30X, 30Y;
- 5 d) Öffnen der Ventile 40X, 41A, Schließen der Ventile 40A, 40B, 40C, 40Y, 40Z, 41B, 41C, 41X, 41Y, 41Z, Sammeln von kondensiertem Arbeitsstoff in den Arbeitsstoffüberträgern 30A, 30B, 30X, 30Y, 30Z;
- e) Öffnen der Ventile 40B, 41Z, Schließen der Ventile 40A, 40C, 40X, 40Y, 40Z, 41A, 41B, 41C, 41X, 41Y, Sammeln von kondensiertem Arbeitsstoff in den Arbeitsstoffüberträgern 30A, 30B, 30C, 30Y, 30Z;
- 10 f) Öffnen der Ventile 40Y, 41C, Schließen der Ventile 40A, 40B, 40C, 40X, 40Z, 41A, 41B, 41X, 41Y, 41Z, Sammeln von kondensiertem Arbeitsstoff in den Arbeitsstoffüberträgern 30A, 30C, 30X, 30Y, 30Z;
- g) Erneutes Ausführen der Schritte a) bis f).
- 15 Dadurch kann vorteilhafterweise ein hoher Wirkungsgrad des thermischen Kreislaufs ohne Druckverluste erreicht werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

- 20 Die Erfindung sowie weitere Einzelheiten und Vorteile derselben wird bzw. werden nachfolgend an bevorzugten Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Figuren erläutert.

- 25 Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung der Wärmekraftmaschine gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 2a – 2f zeigen eine schematische Darstellung der Wärmekraftmaschine der Fig. 1 in verschiedenen Takten ihres Betriebsprozesses;
- 30 Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung der Wärmekraftmaschine gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

- Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung der Wärmekraftmaschine gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;
- 5 Fig. 5a – 5f zeigen eine schematische Darstellung der Wärmekraftmaschine der Fig. 4 in verschiedenen Takten ihres Betriebsprozesses;
- Fig. 6 zeigt eine schematische Darstellung der Wärmekraftmaschine gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;
- 10 Fig. 7 zeigt eine schematische Darstellung der Wärmekraftmaschine gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 8a – 8f zeigen eine schematische Darstellung der Wärmekraftmaschine der Fig. 7 in verschiedenen Takten ihres Betriebsprozesses;
- 15 Fig. 9 zeigt ein P-h-Diagramm (Druck-Enthalpie-Diagramm) für den Arbeitsstoff $C_2H_2F_2$, Kältemittel 134a, des Betriebsprozesses, der Wärmekraftmaschine der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 10 zeigt ein P-v-Diagramm (Druck-Volumen-Diagramm) für den Arbeitsstoff $C_2H_2F_2$, Kältemittel 134a, des Betriebsprozesses, der Wärmekraftmaschine der vorliegenden Erfindung bezogen auf das in Fig. 6 dargestellte P-h-Diagramm;
- 20 Fig. 11 zeigt ein T-s-Diagramm (Druck-Volumen-Diagramm) für den Arbeitsstoff $C_2H_2F_2$, Kältemittel 134a, des Betriebsprozesses, der Wärmekraftmaschine der vorliegenden Erfindung bezogen auf das in Fig. 6 dargestellte P-h-Diagramm.
- 25

Detaillierte Beschreibung

30 Wärmekraftmaschine 1. Ausführungsbeispiel

Die Wärmekraftmaschine 1 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung weist ein Wärmetauscherpaar 10, einen Zylinder 20, einen Arbeits-

stoffüberträger 30 und Ventilmittel 40, 41 auf. Die Ventilmittel bestehen aus ersten Ventilen bzw. Verflüssigerventilen 40 und zweiten Ventilen bzw. Verdampferventilen 41. Das Wärmetauscherpaar 10 besteht aus einem ersten Wärmetauscher bzw. Verflüssiger 11 (folgend Verflüssiger) und einem zweiten Wärmetauscher bzw. Verdampfer 12 (folgend Verdampfer). Der Verflüssiger 11 hat einen unteren Endteil 13, und der Verdampfer hat einen oberen Endteil 14.

Der obere Endteil 14 des Verdampfers 12 sowie die weiter unten beschriebenen Teile der Wärmekraftmaschine 1 können jeweils durch eine Isolierung 15 vom Rest des Verdampfers 12 isoliert sein. Die Isolierung ist aus einem Material, das für die Drücke und die mechanische Belastung geeignet ist, aber gleichzeitig ein schlechter Wärmeleiter ist. Die Isolierung 15 wird zur Minimierung der Wärmeübertragung vom Verdampfer 12 zum Rest der Wärmekraftmaschine 1 eingesetzt. Weiterhin wird in Betracht gezogen, den Arbeitsmotor und die Leitungen zum Verdampfer zu isolieren, um Wärmeverluste und eine Kondensation von gasförmigem Arbeitsstoff zu vermeiden oder zumindest zu verringern.

Der Verflüssiger 11 und der Verdampfer 12 sind jeweils als Rohr 16 mit Lammellen 17 dargestellt. Es sei jedoch bemerkt, dass auch andere geeigneten Formen von Wärmetauschern eingesetzt werden können. Es sei weiter darauf hingewiesen, dass in der Zeichnung nur ein Rohr 16 dargestellt ist, dass jedoch Wärmetauscher mit einer beliebigen Anzahl von Rohren 16 vorgesehen sein können. Der Verflüssiger 11 und der Verdampfer 12 können auch eine geeignete Konstruktion für einen Wärmeaustausch durch Strahlung haben.

Im Verdampfer 12 sind Mittel zur Verteilung des Arbeitsstoffes über eine große innere Oberfläche angeordnet, um einen verbesserten Wärmeübergang auf den Arbeitsstoff vorzusehen. Die Mittel zur Verteilung können beispielsweise Metallwolle, Metallfäden, Oberflächenstrukturen oder Wärmeübertragungsfinnen oder andere Oberflächenstrukturen aufweisen, die im

Inneren des Verdampfers angeordnet sind. Der Arbeitsstoff wird bei feinen Oberflächenstrukturen auch durch Kapillarwirkung verteilt, was eine bessere Wärmeaufnahme von der Wand des Verdampfers 12 bewirkt.

- 5 Der Verflüssiger 11 ist von einem strömenden Kühlmedium 18 umgeben. Das Kühlmedium 18 kann gasförmig oder flüssig sein. Der Verdampfer 12 ist von einem strömenden Heizmedium 19 umgeben, welches ebenfalls gasförmig oder flüssig sein kann.
- 10 Der Verflüssiger 11 und der Verdampfer 12 sind mit einem Arbeitsstoffüberträger 30 verbunden. Der Arbeitsstoffüberträger 30 weist mindestens einen Arbeitsstofftransportraum 31 auf, der selektiv mit dem Verdampfer 12 und mit dem Verflüssiger 11 verbunden werden kann.
- 15 Der Arbeitsstoffüberträger 30 kann mindestens drei Stellungen einnehmen. In der ersten Stellung ist der Arbeitsstofftransportraum 31 mit dem Verflüssiger 11 zur Aufnahme von Kondensat verbunden und vom Verdampfer 12 getrennt. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Arbeitsstofftransportraum 31 mit dem Verflüssiger 11 an seinem unteren Endteil 13 verbunden.
- 20 In der zweiten Stellung ist der Arbeitsstofftransportraum 31 sowohl vom Verflüssiger 11 als auch vom Verdampfer 12 getrennt. In der dritten Stellung ist der Arbeitsstofftransportraum 31 mit dem Verdampfer 12 zur Einleitung von Kondensat verbunden, jedoch vom Verflüssiger 11 getrennt. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Arbeitsstofftransportraum 31 mit dem
- 25 Verdampfer 12 an seinem oberen Endteil 14 verbunden. Der Arbeitsstoffüberträger 30 kann einen mechanischen, elektrischen, pneumatischen, hydraulischen oder sonstigen Antrieb aufweisen, der gemäß einem unten genauer erklärten Betriebsverfahren aktiviert wird.
- 30 Der Arbeitsstoffüberträger 30 kann jede beliebige Konstruktion haben, es darf nur beim Übertragen des flüssigen kondensiertem Arbeitsstoffes zu keinem Druckaustausch zwischen Verflüssiger 11 und Verdampfer 12 kommen. Der Arbeitsstoffüberträger 30 muss nur das im Verflüssiger 11 gebildete

Kondensat des Arbeitsstoffes in den Verdampfer 12 übertragen, ohne dass eine direkte Verbindung zwischen dem Verflüssiger 11 und dem Verdampfer 12 zustande kommt.

- 5 Die Wärmekraftmaschine 1 weist weiter den Zylinder 20 auf, in dem ein Kolben 21 angeordnet ist. Der Zylinder 20 und der Kolben 21 definieren einen Arbeitsraum 22. Der Arbeitsraum 22 ist durch eine Verbindungsleitung 24 mit dem Verflüssiger 11 verbunden. Weiterhin ist der Arbeitsraum 22 ist durch eine Verbindungsleitung 25 mit dem Verdampfer 12 verbunden. In der Verbindungsleitung 24 ist ein Ventil 40 angeordnet, das die Verbindung zwischen dem Arbeitsraum 22 und dem Verflüssiger 11 öffnen oder schließen kann. In der Verbindungsleitung 25 ist ein Ventil 41 angeordnet, das die Verbindung zwischen dem Arbeitsraum 22 und dem Verdampfer 12 öffnen oder schließen kann. Die Ventile 40, 41 können einen elektrischen, pneumatischen, hydraulischen oder sonstigen Antrieb aufweisen, der gemäß einem unten genauer erklärten Betriebsverfahren aktiviert wird.

Betrieb Wärmekraftmaschine 1. Ausführungsbeispiel

- 20 Der Betrieb des ersten Ausführungsbeispiels der Wärmekraftmaschine 1 läuft mit den folgenden Zustandsänderungen des Arbeitsstoffes in einem geschlossenen Kreislauf ab. Während des Betriebs wird der Verflüssiger 11 von Kühlmedium umströmt, während gleichzeitig der Verdampfer 12 durch Heizmedium eine Wärmezufuhr erfährt. Die Zustandsänderungen des Kreislaufs verlaufen in folgender Reihenfolge (Fig. 2a – 2f):

1. Isochore Wärmeabgabe (Schritt 1-2 in Fig. 9, Fig. 2a)

- Der Arbeitsstoff wird bei konstantem Volumen im Verflüssiger 11 auf die untere Temperaturebene gekühlt. Das Ventil 40 ist geschlossen und der Arbeitsstofftransportraum 31 des Arbeitsstoffüberträgers 30 ist mit dem Verflüssiger 11 verbunden. Das Ventil 41 ist geschlossen.

2. Isotherme Verdichtung (Schritt 2-3 in Fig. 9, Fig. 2b)

Das Ventil 40 zwischen dem Zylinder 20 und dem Verflüssiger 11 öffnet sich, und weiterer Dampf des Arbeitsstoffes strömt, aus dem Zylinder 20 in den Verflüssiger 11 ein. Dies geschieht teils durch den Unterdruck im Verflüssiger 11 und teils durch einen Druck auf den Kolben 21 im Zylinder 20 von der entgegengesetzten (rechten) Seite (siehe auch zweites und drittes Ausführungsbeispiel). Wegen der fortlaufenden Kühlung durch das Kühlmedium wird weiterer Dampf des Arbeitsstoffes verflüssigt und im Arbeitsstofftransportraum 31 gesammelt. Es findet eine isotherme Verdichtung statt, da der einströmende warme Dampf sich durch Abkühlung im Verflüssiger 11 zusammenzieht. Während der gasförmige Arbeitsstoff aus dem Zylinder 20 in den Verflüssiger 11 einströmt, wird dem Verflüssiger 11 nämlich weiter Wärme entzogen. Das Ventil 41 ist geschlossen.

3. Isobare Kondensation (Schritt 3-4 in Fig. 9, Fig. 2c)

Ist die Kondensationstemperatur erreicht, verflüssigt sich der Arbeitsstoff bei konstantem Druck und Temperatur. Wegen der fortlaufenden Kühlung wird weiterer Dampf des Arbeitsstoffes kondensiert. Er kondensiert solange bis der Druck im Verflüssiger 11 den Dampfdruck bei der Verflüssigungstemperatur erreicht hat. Der Dampf des Arbeitsstoffes kondensiert nicht vollständig, wird aber bei gleichzeitiger Wärmeabgabe verdichtet. Der kondensierte flüssige Arbeitsstoff wird im Arbeitsstofftransportraum 31 gesammelt. Das Ventil 41 ist geschlossen.

4. Isochore Wärmezufuhr (Schritt 4-5 in Fig. 9, Fig. 2d)

Das Ventil 40 wird geschlossen. Durch Betätigung des Arbeitsstoffüberträgers 30 läuft das Kondensat des Arbeitsstoffes in den Verdampfer 12. Durch die vorherige Verflüssigung des Arbeitsstoffes im Verflüssiger 11 befand sich zu diesem Zeitpunkt eine größere Menge an Kondensat im Arbeitsstofftransportraum 31. Dieses Kondensat gelangt in den warmen Verdampfer 12, dessen Temperatur (obere Temperaturebene) höher ist als der Siedepunkt des Arbeitsstoffes. Ein Teil des Arbeitsstoffes verdampft und erzeugt Druck im Verdampfer 12. Das Ventil 41 zum Arbeitszylinder 20 bleibt während des

Aufheizens geschlossen, somit findet diese Zustandsänderung bei gleichem Volumen statt. Eine Verdampfung des Arbeitsstoffes findet solange statt, bis der Dampfdruck bei der oberen Temperaturebene erreicht ist.

5. Isobare Verdampfung (Schritt 5-6 in Fig. 9, Fig. 2e)

Das Ventil 41 wird geöffnet. Wegen des Druckes im Verdampfer 12 strömt der Arbeitsstoff aus dem Verdampfer 12 in den Arbeitszylinder 20, während dem Verdampfer 12 von außen weitere Wärme zugeführt wird. Durch die Volumenvergrößerung und die fortlaufende Wärmezufuhr verdampft ein weiterer Teil des Kondensates bei gleichbleibendem Druck.

6. Isotherme Expansion (Schritt 6-1 in Fig. 9, Fig. 2f)

Nachdem das Kondensat vollständig verdampft ist, expandiert der gasförmige Arbeitsstoff weiter während dem Verdampfer 12 weitere Wärme zugeführt wird. Es findet eine isotherme Expansion statt. Das Ventil 41 schließt. Nach der Expansion wird der Arbeitsstoffüberträger 30 wieder in die Anfangsstellung gebracht, um das im Verflüssiger anfallende Kondensat aufzunehmen.

Der Verflüssiger 11 und der Verdampfer 12 werden bei diesem Kreisprozess immer als Paar eingesetzt. Über den Arbeitsstoffüberträger 30 sind der Verdampfer 11 und der Verflüssiger 12 eines Wärmetauscherpaares 10 so miteinander verbunden, dass das flüssige Arbeitsstoffkondensat, das bei der Kondensation im Verflüssiger 11 entsteht, durch den Arbeitsstoffüberträger 30 zum Verdampfer 12, ohne Druckausgleich, übertragen werden kann. An jedem Verflüssiger 11 ist immer ein Verdampfer 12 mit gleicher oder größerer Wärmeleistung angeschlossen.

Bei dieser Erfindung kann der oben beschriebene Kreisprozess in mehreren Wärmetauscherpaaren 10 gleichzeitig aber zeitlich versetzt stattfinden. Der Aufbau und die Wirkungsweise einer Wärmekraftmaschine 100 mit mehreren Wärmetauschern anhand der Fig. 3 erläutert.

Ein Takt entspricht einer halbe Kolbenperiode. Eine Kolbenperiode (hin und zurück) entspricht zwei Takten.

Wärmekraftmaschine 2. Ausführungsbeispiel

5

Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels einer Wärmekraftmaschine 100 gemäß der vorliegenden Erfindung. Die Wärmekraftmaschine 100 gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel ist aus ähnlichen Teilen aufgebaut, wie die Wärmekraftmaschine 1. Daher werden für entsprechende Teile die gleichen Bezugszeichen verwendet. Für die 10 Teile auf der linken Seite (Fig. 3) des Zylinders 20 wird dem Bezugszeichen ein "A" angehängt. Für die Teile auf der rechten Seite (Fig. 3) des Zylinders 20 wird dem Bezugszeichen ein "X" angehängt. Weiterhin werden die entsprechenden Teile teilweise nicht so ausführlich beschrieben.

15

Die Wärmekraftmaschine 100 gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung weist zwei Wärmetauscherpaare 10A, 10X, einen Zylinder 20, zwei Arbeitsstoffüberträger 30A, 30X und Ventile 40A, 41A und 40X, 41X auf. Die Wärmetauscherpaare 10A, 10X bestehen jeweils aus einem ersten 20 Wärmetauscher bzw. Verflüssiger 11A, 11X (folgend Verflüssiger) und einem zweiten Wärmetauscher bzw. Verdampfer 12A, 12X (folgend Verdampfer). Wie beim ersten Ausführungsbeispiel hat jeder Verflüssiger 11A, 11X einen unteren Endteil 13, und jeder Verdampfer 12A, 12X hat einen oberen Endteil 14.

25

Der obere Endteil 14 sowie die weiter unten beschriebenen Teile der Wärmekraftmaschine 100 können jeweils durch eine Isolierung 15 vom Rest der Verdampfer 12A, 12X isoliert sein. Die Isolierung ist aus einem Material, das für die Drücke und die mechanische Belastung geeignet ist, aber gleichzeitig 30 ein schlechter Wärmeleiter ist. Die Isolierung 15 wird zur Minimierung der Wärmeübertragung von den Verdampfern 12A, 12X zum Rest der Wärmekraftmaschine 100 eingesetzt.

- Die Verflüssiger 11A, 11X und die Verdampfer 12A, 12X sind jeweils als Rohr 16 mit Lammellen 17 dargestellt. Es sei jedoch bemerkt, dass auch andere geeigneten Formen von Wärmetauschern eingesetzt werden können. Es sei weiter darauf hingewiesen, dass in der Zeichnung nur ein Rohr 16 dargestellt ist, dass jedoch Wärmetauscher mit einer beliebigen Anzahl von Rohren 16 vorgesehen sein können. Die Wärmetauscherpaare 10A, 10X können auch eine geeignete Konstruktion für einen Wärmeaustausch durch Strahlung haben.
- 10 In den Verdampfern 12A, 12X sind Mittel zur Verteilung des Arbeitsstoffes über eine große Oberfläche angeordnet, um einen verbesserten Wärmeübergang auf den Arbeitsstoff vorzusehen. Die Mittel zur Verteilung können beispielsweise Metallwolle, Metallfäden, Oberflächenstrukturen oder Wärmeübertragungsfinnen aufweisen, die im Inneren des Verdampfers angeordnet sind. Der Arbeitsstoff wird bei feinen Oberflächenstrukturen auch durch Kapillarwirkung verteilt, was eine bessere Wärmeaufnahme von der Wand des Verdampfers bewirkt.
- 20 Die Verflüssiger 11A, 11X sind von einem strömenden Kühlmedium 18 umgeben. Das Kühlmedium 18 kann gasförmig oder flüssig sein. Die Verdampfer 12A, 12X sind von einem strömenden Heizmedium 19 umgeben. Das Heizmedium 19 kann ebenfalls gasförmig oder flüssig sein.
- 25 Die unteren Endteile 13 der Verflüssiger 11A, 11X und die oberen Endteile 14 der Verdampfer 12A, 12X sind jeweils mit einem Arbeitsstoffüberträger 30A, 30X verbunden. Der jeweilige Arbeitsstoffüberträger 30A, 30X weist mindestens einen Arbeitsstofftransportraum 31 auf, der selektiv mit dem entsprechenden Verdampfer 12A, 12X und mit dem entsprechenden Verflüssiger 11A, 11X verbunden werden kann.
- 30 Wie beim ersten Ausführungsbeispiel kann jeder Arbeitsstoffüberträger 30A, 30X mindestens drei Stellungen einnehmen. In der ersten Stellung ist der Arbeitsstofftransportraum 31 mit dem unteren Endteil 13 des Verflüssigers

verbunden. In der zweiten Stellung ist der Arbeitsstofftransportraum 31 vom Verflüssiger und vom Verdampfer getrennt. In der dritten Stellung ist der Arbeitsstofftransportraum 31 mit dem oberen Endteil 14 des Verdampfers verbunden. Die Arbeitsstoffüberträger 30A, 30X können einen elektrischen, pneumatischen, hydraulischen oder sonstigen Antrieb aufweisen, der gemäß einem unten genauer erklärten Betriebsverfahren aktiviert wird.

Die Wärmekraftmaschine 100 weist weiter den Zylinder 20 auf, in dem ein Kolben 21 angeordnet ist. Anders als im ersten Ausführungsbeispiel definieren der Zylinder 20 und der Kolben 21 zwei Arbeitsräume 22, 23. Die Arbeitsräume sind rechts und links (in Fig. 3) vom Kolben 21 angeordnet.

Beim zweiten Ausführungsbeispiel ist der erste Arbeitsraum 22 durch Verbindungsleitungen 24A, 24X, 25A, 25X mit dem ersten Wärmetauscherpaar 10A verbunden, und der zweite Arbeitsraum 23 ist mit dem zweiten Wärmetauscherpaar 10X verbunden. D. h. die Arbeitsräume 22, 23 sind jeweils mit einer Verbindungsleitung 24A, 24X mit dem Verflüssiger des jeweiligen Wärmetauscherpaars 10A, 10X verbunden. Weiterhin sind die Arbeitsräume 22, 23 jeweils durch eine Verbindungsleitung 25A, 25X mit dem Verdampfer des jeweiligen Wärmetauscherpaars 10A, 10X verbunden.

In den Verbindungsleitungen 24A, 24X ist jeweils ein Ventil 40A, 40X angeordnet, das die Verbindung zwischen dem Arbeitsraum 22, 23 und dem dazugehörigen Verflüssiger öffnen oder schließen kann. In der Verbindungsleitung 25A, 25X ist jeweils ein Ventil 41A, 41X angeordnet, das die Verbindung zwischen dem Arbeitsraum 22, 23 und dem dazugehörigen Verdampfer öffnen oder schließen kann. Die Ventile 40A, 40X, 41A, 41X können einen elektrischen, pneumatischen, hydraulischen oder sonstigen Antrieb aufweisen, der gemäß einem unten genauer erklärten Betriebsverfahren aktiviert wird.

Betrieb Wärmekraftmaschine 2. Ausführungsbeispiel

Der Betrieb der Wärmekraftmaschine 100 des zweiten Ausführungsbeispiels läuft nach dem gleichen Prinzip ab, wie jener des ersten Ausführungsbeispiels. Daher wird nicht der gesamte Prozess erneut beschrieben.

Da der Zylinder 20 beim zweiten Ausführungsbeispiel zwei Arbeitsräume 22, 23 definiert, finden im ersten (linken) Wärmetauscherpaar 10A und im zweiten (rechten) Wärmetauscherpaar 10X zeitlich versetzte Kreisläufe statt, die sich gegenseitig verstärken.

Beispielsweise wird der Kolben 21 während den Takten 5 (Isobare Verdampfung) und 6 (Isotherme Expansion) des rechten Wärmetauscherpaares 10X nach links gedrückt. Entsprechend finden im linken Wärmetauscherpaar 10A die Takte 2 und 3 statt, die den Kolben 21 nach links ziehen.

Durch die Kühlung des linken Verflüssigers 11A ist der eingeschlossene gasförmige Arbeitsstoff auf die untere Temperaturebene abgekühlt, und der Druck innerhalb des Verflüssigers 11A entspricht maximal dem Dampfdruck des Arbeitstoffes bei der Temperatur des Kühlmediums. Ebenso ist der im rechten Verdampfer 12X eingeschlossene gasförmige Arbeitsstoff durch die andauernde Aufheizung des Verdampfers 12X aufgeheizt.

Der Kolben 21 befindet sich auf der rechten Seite. Das Ventil 40A am Verflüssiger 11A und das Ventil 41X am Verdampfer 12X öffnen gleichzeitig. Der niedrige Druck im linken Verdampfer 11A und der hohe Druck im rechten Verflüssiger 12X wirken durch die jeweiligen Verbindungsrohre 24A, 25X auf den Kolben 21. Durch den Druckunterschied der nun auf den beiden Seiten des Kolbens 21 besteht, wird der Kolben 21 nach links gedrückt.

30

Wenn der Kolben 21 die Endposition auf der linken Seite erreicht hat, werden die Ventile 40A und 41X geschlossen.

Weiterhin laufen die jeweiligen Kreisprozesse in den linken und rechten Wärmetauscherpaaren 10A, 10X entsprechend der oben dargestellten Reihenfolge ab (siehe erstes Ausführungsbeispiel).

5 Wärmekraftmaschine 3. Ausführungsbeispiel

Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung eines dritten Ausführungsbeispiels einer Wärmekraftmaschine 200 gemäß der vorliegenden Erfindung. Ähnlich wie beim zweiten Ausführungsbeispiel definiert der Zylinder 20 zwei
10 Arbeitsräume 22, 23. Beim dritten Ausführungsbeispiel ist der linke Arbeitsraum 22 mit drei Wärmetauscherpaaren 10A, 10B, 10C verbunden, und der rechte Arbeitsraum 23 mit drei Wärmetauscherpaaren 10X, 10Y, 10Z verbunden. Die Seite des Zylinders 20, an der sich die Wärmetauscherpaare 10A, 10B und 10C befinden, wird nachfolgend "linke Seite" genannt, die Seite mit den Wärmetauscherpaaren 10X, 10Y und 10Z wird "rechte Seite" genannt.
15

Die Wärmekraftmaschine 200 gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel ist aus ähnlichen Teilen aufgebaut, wie die Wärmekraftmaschine 100. Daher
20 werden für entsprechende Teile die gleichen Bezugszeichen verwendet. Für die Teile auf der linken Seite (Fig. 4) des Zylinders 20 wird dem Bezugszeichen ein "A", ein "B" oder ein "C" angehängt (entsprechend den Wärmetauscherpaaren). Für die Teile auf der rechten Seite (Fig. 4) des Zylinders 20 wird dem Bezugszeichen entsprechend ein "X", ein "Y" oder ein "Z" angehängt. Weiterhin werden die entsprechenden Teile teilweise nicht so ausführlich beschrieben.
25

Die Wärmekraftmaschine 200 gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung weist sechs Wärmetauscherpaare 10A, 10B, 10C, 10X, 10Y, 10Z
30 einen Zylinder 20, sechs Arbeitsstoffüberträger 30A, 10B, 30C, 30X, 30Y, 30Z und Ventile 40A, 40B, 40C, 40X, 40Y, 40Z, 41A, 41B, 41C, 41X, 41Y, 41Z auf. Die Wärmetauscherpaare 10A – 10Z bestehen jeweils aus einem ersten Wärmetauscher bzw. Verflüssiger 11 – 11Z (folgend Verflüssiger) und

einem zweiten Wärmetauscher bzw. Verdampfer 12A – 12Z (folgend Verdampfer). Wie beim ersten Ausführungsbeispiel hat jeder Verflüssiger 11A – 11Z einen unteren Endteil 13, und jeder Verdampfer 12A – 12Z hat einen oberen Endteil 14.

5

Es sei bemerkt, dass eine Wärmekraftmaschine allgemein auch mit mehr oder weniger Wärmetauscherpaaren ausgeführt werden kann. Die Anzahl der Wärmetauscherpaare sollte jedoch eine gerade Zahl sein.

- 10 Der obere Endteil 14 sowie die weiter unten beschriebenen Teile der Wärmekraftmaschine 200 können jeweils durch eine Isolierung 15 vom Rest der Verdampfer 12A – 12Z isoliert sein. Die Isolierung ist aus einem Material hergestellt, das für die Drücke und die mechanische Belastung geeignet ist, aber gleichzeitig ein schlechter Wärmeleiter ist. Die Isolierung 15 wird zur
- 15 Minimierung der Wärmeübertragung von den Verdampfern 12A – 12Z zum Rest der Wärmekraftmaschine 200 eingesetzt.

- Die Verflüssiger 11A – 11Z und die Verdampfer 12A – 12Z sind jeweils als Rohr 16 mit Lammellen 17 dargestellt. Es sei jedoch bemerkt, dass auch
- 20 andere geeigneten Formen von Wärmetauschern eingesetzt werden können. Es sei weiter darauf hingewiesen, dass in der Zeichnung nur ein Rohr 16 dargestellt ist, dass jedoch Wärmetauscher mit einer beliebigen Anzahl von Rohren 16 vorgesehen sein können. Die Wärmetauscherpaare 10A – 10Z können auch eine geeignete Konstruktion für einen Wärmeaustausch durch
- 25 Strahlung haben.

- In den Verdampfern 12A – 12Z sind Mittel zur Verteilung des Arbeitsstoffes über eine große Oberfläche angeordnet, um einen verbesserten Wärmeübergang auf den Arbeitsstoff vorzusehen. Die Mittel zur Verteilung können
- 30 beispielsweise Metallwolle, Metallfäden, eine Oberflächenstruktur oder Wärmeübertragungsfinnen aufweisen, die im Inneren des Verdampfers angeordnet sind. Der Arbeitsstoff wird bei feinen Oberflächenstrukturen auch durch Kapillarwirkung verteilt, was eine bessere Wärmeaufnahme von der

Wand des Verdampfers bewirkt. Der Arbeitsstoff wird bei feinen Oberflächenstrukturen auch durch Kapillarwirkung verteilt, was eine bessere Wärmefaufnahme von der Wand des Verdampfers bewirkt.

- 5 Die Verflüssiger 11A – 11Z sind von einem strömenden Kühlmedium 18 umgeben. Das Kühlmedium 18 kann gasförmig oder flüssig sein. Die Verdampfer 12A – 12Z sind von einem strömenden Heizmedium 19 umgeben. Das Heizmedium 19 kann ebenfalls gasförmig oder flüssig sein.
- 10 Die unteren Endteile 13 der Verflüssiger 11A – 11Z und die oberen Endteile 14 der Verdampfer 12A – 12Z sind jeweils mit einem Arbeitsstoffüberträger 30A – 30Z verbunden. Der jeweilige Arbeitsstoffüberträger 30A – 30Z weist mindestens einen Arbeitsstofftransportraum 31 auf, der selektiv mit dem entsprechenden Verdampfer 12A – 12Z und mit dem entsprechenden Verflüssiger 11A – 11Z verbunden werden kann.
- 15

Wie beim ersten Ausführungsbeispiel kann jeder Arbeitsstoffüberträger 30A – 30Z mindestens drei Stellungen einnehmen. In der ersten Stellung ist der Arbeitsstofftransportraum 31A – 31Z mit dem jeweiligen Verflüssiger 11A – 11Z verbunden, jedoch vom Verdampfer 12A – 12Z getrennt. In der zweiten Stellung ist der Arbeitsstofftransportraum 31A – 31Z vom Verflüssiger 11A – 11Z und vom Verdampfer 12A – 12Z getrennt. In der dritten Stellung ist der Arbeitsstofftransportraum 31A – 31Z mit dem Verdampfer 12A – 12Z verbunden, jedoch vom Verflüssiger 11A – 11Z getrennt. Die Arbeitsstoffüberträger 30A – 30Z können einen mechanischen, elektrischen, pneumatischen, hydraulischen oder sonstigen Antrieb aufweisen, der gemäß einem unten genauer erklärten Betriebsverfahren aktiviert wird.

20

25

Die Wärmekraftmaschine 200 weist weiter den Zylinder 20 auf, in dem ein Kolben 21 angeordnet ist. Genauso wie im zweiten Ausführungsbeispiel definieren der Zylinder 20 und der Kolben 21 zwei Arbeitsräume 22, 23. Die Arbeitsräume 22, 23 sind rechts und links (in Fig. 4) vom Kolben 21 angeordnet.

30

Beim dritten Ausführungsbeispiel ist der erste Arbeitsraum 22 mit den Wärmetauscherpaaren 10A, 10B, 10C (linke Gruppe) verbunden, und der zweite Arbeitsraum 23 ist mit den Wärmetauscherpaaren 10X, 10Y, 10Z (rechte Gruppe) verbunden.

Jeweils eine Verbindungsleitung 24 verläuft von den Arbeitsräumen 22, 23 in Richtung der Verflüssiger 11A – 11Z der rechten und linken Gruppen von Wärmetauscherpaaren. Weiterhin verläuft jeweils eine Verbindungsleitung 25 von den Arbeitsräumen 22, 23 in Richtung der Verdampfer 12A – 12Z der rechten und linken Gruppen von Wärmetauscherpaaren. Die Verflüssiger 11A – 11Z sind mit den entsprechenden linken und rechten Verbindungsleitungen 24 durch Anschlussleitungen 24A – 24Z verbunden. Die Verdampfer 12A – 12Z sind mit den entsprechenden linken und rechten Verbindungsleitungen 25 durch Anschlussleitungen 25A – 25Z verbunden. Die Verbindungsleitungen 24, 25 sind somit als Sammelleitungen ausgeführt.

In den Anschlussleitungen 24A – 24Z ist jeweils ein Ventil 40A – 40Z angeordnet, das die Verbindung zwischen dem Arbeitsraum 22, 23 und dem dazugehörigen Verflüssiger öffnen oder schließen kann. In der Anschlussleitungen 25A – 25Z ist jeweils ein Ventil 41A – 41Z angeordnet, das die Verbindung zwischen dem Arbeitsraum 22, 23 und dem dazugehörigen Verdampfer öffnen oder schließen kann. Die Ventile 40A – 40Z und 41A – 41Z können einen mechanischen, elektrischen, pneumatischen, hydraulischen oder sonstigen Antrieb aufweisen, der gemäß einem unten genauer erklärten Betriebsverfahren aktiviert wird.

Eine weitere Variante zur Verbindung der Verflüssiger 11A – 11Z und der Verdampfer 12A – 12Z mit den Arbeitsräumen 22, 23 wird jedoch auch in Betracht gezogen: Die Verflüssiger 11A – 11Z könnten jeweils durch eine eigene Verbindungsleitung 24A – 24Z direkt mit dem entsprechenden Arbeitsraum verbunden sein. Genauso könnten die Verdampfer 12A – 12Z jeweils durch eine eigene Verbindungsleitung 25A – 25Z direkt mit dem ent-

sprechenden Arbeitsraum verbunden sein. Die Ventile 40A – 40Z und 41A – 41Z wären dann direkt in den Verbindungsleitungen 24A – 24Z bzw. 25A – 25Z angeordnet.

5 Betrieb Wärmekraftmaschine 3. Ausführungsbeispiel

Fig. 5a bis 5f zeigen schematisch den Kreislauf der Wärmekraftmaschine 200 aus Fig. 4 mit sechs Wärmetauscherpaaren. Es sei bemerkt, dass ein angepasster Betriebsablauf auch mit mehr oder weniger Wärmetauscherpaaren ausgeführt werden kann. Die Anzahl der Wärmetauscherpaare sollte jedoch eine gerade Zahl sein. Während des Betriebs werden die Verflüssiger 11A – 11Z von Kühlmedium umströmt, während gleichzeitig die Verdampfer 12A – 12Z durch Heizmedium eine Wärmezufuhr erfahren.

Der Betrieb des dritten Ausführungsbeispiels der Wärmekraftmaschine 200 läuft mit den gleichen Zustandsänderungen des Arbeitsstoffes im zuvor beschriebenen geschlossenen Kreislauf ab, wie bei den vorherigen Ausführungsbeispielen. Daher wird im folgenden hauptsächlich die Abfolge der Schaltvorgänge der Ventile 40A - 40Z, 41A – 41Z und der Arbeitsstoffüberträger 30A – 30Z beschrieben. Um die Beschreibung nicht unnötig zu verlängern, werden die Zustandsänderungen in den einzelnen Wärmetauscherpaaren 10A – 10Z nur erwähnt, wo dies die Erklärung erleichtert.

Die Zustandsänderungen bzw. Takte des Kreislaufs verlaufen in folgender Reihenfolge:

Takt 1 (Fig. 5a)

Öffnen der Ventile 40A, 41X, Schließen der Ventile 40B, 40C, 40X, 40Y, 40Z, 41A, 41B, 41C, 41Y, 41Z, Sammeln von kondensiertem Arbeitsstoff in den Arbeitsstoffüberträgern 30A, 30B, 30C, 30X, 30Z.

Der Arbeitsstoff wird durch die Kühlung der Verflüssiger bei konstantem Volumen in den Verflüssigern 11B, 11C, 11X, 11Y, 11Z auf die untere Tempe-

aturebene gekühlt. Der Arbeitsstoff wird durch die Beheizung der Verdampfer 12A, 12B, 12C, 12Y, 12Z auf die obere Temperaturebene (Fig. 9 – 11) aufgeheizt. Die Arbeitsstofftransporträume 31A, 31B, 31C, 31X, 31Z der Arbeitsstoffüberträger sind mit den jeweiligen Verflüssigern 11A, 11B, 11C, 11X, 11Z verbunden. Der Druck in den Verflüssigern entspricht maximal dem Dampfdruck des Arbeitsstoffes bei der Kühlmediumtemperatur.

Der Kolben 21 befindet sich auf der rechten Seite. Der Druck im Verdampfer 12X wird zum rechten Arbeitsraum 23 geleitet. Der durch isochore Wärmeabgabe entstandene Unterdruck im Verflüssiger 12A ist mit dem linken Arbeitsraum 22 verbunden. Durch den Druckunterschied der nun auf den beiden Seiten des Kolbens besteht, wird der Kolben nach links gedrückt.

Während sich der Kolben 21 bewegt, wird das Kondensat vom Verflüssiger 11Y zum Verdampfer 12Y durch den Arbeitsstoffüberträger 31Y übertragen. Wenn der Kolben 21 die Endposition auf der linken Seite erreicht hat, werden die Ventile 40A und 41X geschlossen und Takt 1 ist beendet.

Takt 2 (Fig. 5b)

Öffnen der Ventile 41B, 40Z, Schließen der Ventile 40A, 40B, 40C, 40X, 40Y, 41A, 41C, 41Y, 41Z, Sammeln von kondensiertem Arbeitsstoff in den Arbeitsstoffüberträgern 30B, 30C, 30X, 30Y, 30Z.

Der Arbeitsstoff wird durch die Kühlung der Verflüssiger bei konstantem Volumen in den Verflüssigern 11A, 11B, 11C, 11X, 11Y auf die untere Temperaturebene gekühlt. Der Arbeitsstoff wird durch die Beheizung der Verdampfer 12A, 12C, 12X, 12Y, 12Z auf die obere Temperaturebene (Fig. 9 – 11) aufgeheizt. Die Arbeitsstofftransporträume 31B, 31C, 31X, 31Y, 31Z der Arbeitsstoffüberträger sind mit den jeweiligen Verflüssigern 11B, 11C, 11X, 11Y, 11Z verbunden. Der Druck in den Verflüssigern entspricht maximal dem Dampfdruck des Arbeitsstoffes bei der Kühlmediumtemperatur.

Der Kolben 21 befindet sich auf der linken Seite. Der Druck im Verdampfer 12B wird zum linken Arbeitsraum 22 geleitet. Der durch isochore Wärmeabgabe entstandene Unterdruck im Verflüssiger 12Z ist mit dem rechten Arbeitsraum 23 verbunden. Durch den Druckunterschied der nun auf den beiden Seiten des Kolbens besteht, wird der Kolben nach rechts gedrückt.

Während sich der Kolben 21 bewegt, wird das Kondensat vom Verflüssiger 11A zum Verdampfer 12A durch den Arbeitsstoffüberträger 31A übertragen. Wenn der Kolben 21 die Endposition auf der rechten Seite erreicht hat, werden die Ventile 40Z und 41B geschlossen und Takt 2 ist beendet.

Takt 3 (Fig. 5c)

Öffnen der Ventile 40C, 41Y, Schließen der Ventile 40A, 40B, 40X, 40Y, 40Z, 41A, 41B, 41C, 41X, 41Z, Sammeln von kondensiertem Arbeitsstoff in den Arbeitsstoffüberträgern 30A, 30B, 30C, 30X, 30Y.

Der Arbeitsstoff wird durch die Kühlung der Verflüssiger bei konstantem Volumen in den Verflüssigern 11A, 11B, 11X, 11Y, 11Z auf die untere Temperaturebene gekühlt. Der Arbeitsstoff wird durch die Beheizung der Verdampfer 12A, 12B, 12C, 12X, 12Z auf die obere Temperaturebene (Fig. 9 – 11) aufgeheizt. Die Arbeitsstofftransporträume 31A, 31B, 31C, 31X, 31Y der Arbeitsstoffüberträger sind mit den jeweiligen Verflüssigern 11A, 11B, 11C, 11X, 11Y verbunden. Der Druck in den Verflüssigern entspricht maximal dem Dampfdruck des Arbeitstoffes bei der Kühlmediumtemperatur.

25

Der Kolben 21 befindet sich auf der rechten Seite. Der Druck im Verdampfer 12Y wird zum rechten Arbeitsraum 23 geleitet. Der durch isochore Wärmeabgabe entstandene Unterdruck im Verflüssiger 12C ist mit dem linken Arbeitsraum 22 verbunden. Durch den Druckunterschied der nun auf den beiden Seiten des Kolbens besteht, wird der Kolben nach links gedrückt.

Während sich der Kolben 21 bewegt, wird das Kondensat vom Verflüssiger 11Z zum Verdampfer 12Z durch den Arbeitsstoffüberträger 31Z übertragen.

Wenn der Kolben 21 die Endposition auf der linken Seite erreicht hat, werden die Ventile 40C und 41Y geschlossen und Takt 3 ist beendet.

Takt 4 (Fig. 5d)

- 5 Öffnen der Ventile 40X, 41A, Schließen der Ventile 40A, 40B, 40C, 40Y, 40Z, 41B, 41C, 41X, 41Y, 41Z, Sammeln von kondensiertem Arbeitsstoff in den Arbeitsstoffüberträgern 30A, 30B, 30X, 30Y, 30Z.

- Der Arbeitsstoff wird durch die Kühlung der Verflüssiger bei konstantem Volumen in den Verflüssigern 11A, 11B, 11C, 11Y, 11Z auf die untere Temperaturebene gekühlt. Der Arbeitsstoff wird durch die Beheizung der Verdampfer 12B, 12C, 12X, 12Y, 12Z auf die obere Temperaturebene (Fig. 9 – 11) aufgeheizt. Die Arbeitsstofftransporträume 31A, 31B, 31X, 31Y, 31Z der Arbeitsstoffüberträger sind mit den jeweiligen Verflüssigern 11A, 11B, 11X, 11Y, 11Z verbunden. Der Druck in den Verflüssigern entspricht maximal dem Dampfdruck des Arbeitstoffes bei der Kühlmediumtemperatur.

- Der Kolben 21 befindet sich auf der linken Seite. Der Druck im Verdampfer 12A wird zum linken Arbeitsraum 22 geleitet. Der durch isochore Wärmeabgabe entstandene Unterdruck im Verflüssiger 12X ist mit dem rechten Arbeitsraum 23 verbunden. Durch den Druckunterschied der nun auf den beiden Seiten des Kolbens besteht, wird der Kolben nach rechts gedrückt.

- Während sich der Kolben 21 bewegt, wird das Kondensat vom Verflüssiger 11C zum Verdampfer 12C durch den Arbeitsstoffüberträger 31C übertragen. Wenn der Kolben 21 die Endposition auf der rechten Seite erreicht hat, werden die Ventile 40X und 41A geschlossen und Takt 4 ist beendet.

Takt 5 (Fig. 5e)

- 30 Öffnen der Ventile 40B, 41Z, Schließen der Ventile 40A, 40C, 40X, 40Y, 40Z, 41A, 41B, 41C, 41X, 41Y, Sammeln von kondensiertem Arbeitsstoff in den Arbeitsstoffüberträgern 30A, 30B, 30C, 30Y, 30Z.

- Der Arbeitsstoff wird durch die Kühlung der Verflüssiger bei konstantem Volumen in den Verflüssigern 11A, 11C, 11X, 11Y, 11Z auf die untere Temperaturebene gekühlt. Der Arbeitsstoff wird durch die Beheizung der Verdampfer 12A, 12B, 12C, 12X, 12Y auf die obere Temperaturebene (Fig. 9 – 11)
- 5 aufgeheizt. Die Arbeitsstofftransporträume 31A, 31B, 31C, 31Y, 31Z der Arbeitsstoffüberträger sind mit den jeweiligen Verflüssigern 11A, 11B, 11C, 11Y, 11Z verbunden. Der Druck in den Verflüssigern entspricht maximal dem Dampfdruck des Arbeitsstoffes bei der Kühlmediumtemperatur.
- 10 Der Kolben 21 befindet sich auf der rechten Seite. Der Druck im Verdampfer 12Z wird zum rechten Arbeitsraum 23 geleitet. Der durch isochore Wärmeabgabe entstandene Unterdruck im Verflüssiger 12B ist mit dem linken Arbeitsraum 22 verbunden. Durch den Druckunterschied der nun auf den beiden Seiten des Kolbens besteht, wird der Kolben nach links gedrückt.
- 15 Während sich der Kolben 21 bewegt, wird das Kondensat vom Verflüssiger 11X zum Verdampfer 12X durch den Arbeitsstoffüberträger 31X übertragen. Wenn der Kolben 21 die Endposition auf der linken Seite erreicht hat, werden die Ventile 40B und 41Z geschlossen und Takt 5 ist beendet.
- 20 Takt 6 (Fig. 5f)
Öffnen der Ventile 40Y, 41C, Schließen der Ventile 40A, 40B, 40C, 40X, 40Z, 41A, 41B, 41X, 41Y, 41Z, Sammeln von kondensiertem Arbeitsstoff in den Arbeitsstoffüberträgern 30A, 30C, 30X, 30Y, 30Z.
- 25 Der Arbeitsstoff wird durch die Kühlung der Verflüssiger bei konstantem Volumen in den Verflüssigern 11A, 11B, 11C, 11X, 11Z auf die untere Temperaturebene gekühlt. Der Arbeitsstoff wird durch die Beheizung der Verdampfer 12A, 12B, 12X, 12Y, 12Z auf die obere Temperaturebene (Fig. 9 – 11)
- 30 aufgeheizt. Die Arbeitsstofftransporträume 31A, 31C, 31X, 31Y, 31Z der Arbeitsstoffüberträger sind mit den jeweiligen Verflüssigern 11A, 11C, 11X, 11Y, 11Z verbunden. Der Druck in den Verflüssigern entspricht maximal dem Dampfdruck des Arbeitsstoffes bei der Kühlmediumtemperatur.

Der Kolben 21 befindet sich auf der linken Seite. Der Druck im Verdampfer 12C wird zum linken Arbeitsraum 22 geleitet. Der durch isochore Wärmeabgabe entstandene Unterdruck im Verflüssiger 12Y ist mit dem rechten Arbeitsraum 23 verbunden. Durch den Druckunterschied der nun auf den beiden Seiten des Kolbens besteht, wird der Kolben nach rechts gedrückt.

Während sich der Kolben 21 bewegt, wird das Kondensat vom Verflüssiger 11B zum Verdampfer 12B durch den Arbeitsstoffüberträger 31B übertragen. Wenn der Kolben 21 die Endposition auf der rechten Seite erreicht hat, werden die Ventile 40Y und 41CA geschlossen und Takt 6 ist beendet.

Danach werden die Takte 1 bis 6 erneut ausgeführt.

15 Wärmekraftmaschine 4. Ausführungsbeispiel

Fig. 6 zeigt eine schematische Darstellung eines vierten Ausführungsbeispiels einer Wärmekraftmaschine 300 gemäß der vorliegenden Erfindung. Anders als beim dritten Ausführungsbeispiel ist anstelle des Zylinders 20 ein Drehkolbenmotor vorgesehen.

Durch das Gehäuse 50 des Drehkolbenmotors und den dreieckigen Rotor 51 werden drei Arbeitsräume definiert. Weil durch die ungleiche Anzahl der Arbeitsräume die Verteilung der Räume immer wechselseitig im Bezug auf die Anschlüsse der Verbindungsrohre unterschiedlich sind, werden zwei Arbeitsräume 22 und 23 definiert, wobei immer einer dieser Arbeitsräume in zwei separate Räume unterteilt ist. Der geteilte Arbeitsraum wird dann mit den Anhängen "a" und "b" bezeichnet. Die Arbeitsräume sind somit die Räume 23, 22a und 22b, oder die Arbeitsräume sind die Räume 22, 23a und 23b. In Fig. 6 wird der "oben" angeordnete Arbeitsraum mit 22 und der "untere" Arbeitsraum mit 23 bezeichnet.

Beim vierten Ausführungsbeispiel ist der obere Arbeitsraum 22 mit dem Verflüssiger 11A und dem Verdampfer 12X verbunden. Der untere Arbeitsraum 23b ist mit dem Verflüssiger 11X verbunden, und der Arbeitsraum 23a ist mit dem Verdampfer 12A verbunden.

5

Der Rest der Wärmekraftmaschine 300 gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel ist aus ähnlichen Teilen aufgebaut, wie die Wärmekraftmaschine 200. Daher werden für entsprechende Teile die gleichen Bezugszeichen verwendet. Für die Teile auf der linken Seite (der Fig. 6) des Drehkolbenmotors 50 wird dem Bezugszeichen ein "A" angehängt, und für die Teile auf der rechten Seite (der Fig. 6) des Zylinders 20 wird dem Bezugszeichen entsprechend ein "X" angehängt. Weiterhin werden die entsprechenden Teile teilweise nicht so ausführlich beschrieben.

15 Die Wärmekraftmaschine 300, gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung, weist zwei Wärmetauscherpaare 10A und 10X, einen Drehkolbenmotor 50, zwei Arbeitsstoffüberträger 30A und 30X und vier Ventile 40A, 40X, 41A und 41X auf. Die Wärmetauscherpaare 10A und 10X bestehen jeweils aus einem ersten Wärmetauscher bzw. Verflüssiger 11A und 11X
20 (folgend Verflüssiger) und jeweils einem zweiten Wärmetauscher bzw. Verdampfer 12A und 12X (folgend Verdampfer). Wie beim ersten Ausführungsbeispiel hat jeder Verflüssiger 11A, 11X einen unteren Endteil 13, und jeder Verdampfer 12A, 12X hat einen oberen Endteil 14.

25 Der obere Endteil 14 der einzelnen Verdampfer, sowie die weiter unten beschriebenen Teile der Wärmekraftmaschine 200 können jeweils durch eine Isolierung 14A und 14X vom Rest der Verflüssiger 12A – 12X isoliert sein. Die Isolierung ist aus einem Material, das für die Drücke und die mechanische Belastung geeignet ist, aber gleichzeitig ein schlechter Wärmeleiter ist.
30 Die Isolierung 14A, 14X wird zur Minimierung der Wärmeübertragung von den Verdampfern 12A, 12X zum Rest der Wärmekraftmaschine 300 eingesetzt.

- Die Verflüssiger 11a und 11X und die Verdampfer 12A und 12X sind jeweils als Rohr 16 mit Lammellen 17 dargestellt. Es sei jedoch bemerkt, dass auch andere geeigneten Formen von Wärmetauschern eingesetzt werden können. Es sei weiter darauf hingewiesen, dass in der Zeichnung nur ein Rohr 16
- 5 dargestellt ist, das jedoch Wärmetauscher mit einer beliebigen Anzahl von Rohren 16 vorgesehen sein können. Die Wärmetauscherpaare 10A und 10X können auch eine geeignete Konstruktion für einen Wärmeaustausch durch Strahlung haben.
- 10 In den Verdampfern 12A und 12X sind Mittel zur Verteilung des Arbeitsstoffes über eine große Oberfläche angeordnet, um einen verbesserten Wärmeübergang auf den Arbeitsstoff vorzusehen. Die Mittel können beispielsweise Metallwolle, Metallfäden, Gewebe oder eine Oberflächenstruktur aufweisen, die im Inneren des Verdampfers angeordnet sind und mittels Kapillarstruktur
- 15 den flüssigen Arbeitsstoff gleichmäßig über die Innenoberfläche verteilen.
- Die Verflüssiger 11A und 11X sind von einem strömenden Kühlmedium 18 umgeben. Das Kühlmedium 18 kann gasförmig oder flüssig sein. Die Verdampfer 12A und 12X sind von einem strömenden Heizmedium 19 umge-
- 20 ben. Das Heizmedium 19 kann ebenfalls gasförmig oder flüssig sein. Die unteren Endteile 13 der Verflüssiger 11A und 11X und die oberen Endteile 14 der Verdampfer 12A und 12X sind jeweils mit einem Arbeitsstoffüberträger 30A und 30X verbunden. Der jeweilige Arbeitsstoffüberträger 30A und 30X weist mindestens einen Arbeitsstofftransportraum 31 auf, der selektiv
- 25 mit dem entsprechenden Verdampfer 12A und 12X und mit dem entsprechenden Verflüssiger 11A und 11X verbunden werden kann.
- Wie beim den vorher beschriebenen Ausführungsbeispielen kann jeder Arbeitsstoffüberträger 30A und 30X mindestens drei Stellungen einnehmen. In
- 30 der ersten Stellung ist der Arbeitsstofftransportraum 31 mit dem unteren Endteil 13 des Verflüssigers verbunden. In der zweiten Stellung ist der Arbeitsstofftransportraum 31 vom Verflüssiger und vom Verdampfer getrennt. In der dritten Stellung ist der Arbeitsstofftransportraum 31 mit dem oberen

Endteil 14 des Verdampfers verbunden. Die Arbeitsstoffüberträger 30A und 30X können einen mechanischen elektrischen, pneumatischen, hydraulischen oder sonstigen Antrieb aufweisen, der zeitabhängig gemäß einem unten genauer erklärten Betriebsverfahren aktiviert wird.

5

Betrieb der Wärmekraftmaschine im 4. Ausführungsbeispiel

Der Betrieb der Wärmekraftmaschine 300 des vierten Ausführungsbeispiels läuft anders ab als in den vorher beschriebenen Ausführungsbeispielen. Daher wird der Prozess hier genauer beschrieben.

10

Da der Drehkolben beim vierten Ausführungsbeispiel die drei Arbeitsräume 23, 22a und 22b oder 22, 23a und 23b definiert, finden im ersten (linken) Wärmetauscherpaar 10A und im zweiten (rechten) Wärmetauscherpaar 10X zeitlich versetzte Kreisläufe statt, die sich gegenseitig verstärken.

15

Als Ausgangspunkt der nachfolgenden Erklärung wird die Darstellung in Fig. 6 zugrunde gelegt. Der Drehkolben befindet sich in einer Lage, bei der einer der Dreieckspunkte 51A senkrecht nach unten weist, während sich die Eckpunkte 51B rechts und 51C links an den Anschlussstellen der Verbindungsleitungen 25X rechts und 24A links befinden.

20

In der momentanen Darstellung der Fig. 6 wird der Drehkolben 51 wegen seine Exzentrizität zur Antriebswelle 53 während der Takte 5 (isobare Verdampfung) und 6 (isotherme Expansion) des linken Verdampfers 12A, die einen Überdruck im Arbeitsraum 23a erzeugen, gegen den Uhrzeigersinn nach rechts gedrückt. Entsprechend finden im rechten Verflüssiger 11X die Takte 2 (isotherme Verdichtung) und 3 (isobare Verflüssigung) statt, die einen Unterdruck in dem Arbeitsraum 23b erzeugen und den Drehkolben 51 gegen den Uhrzeigersinn nach rechts ziehen.

30

Bei einer weiteren Drehung gegen den Uhrzeigersinn, weg von der in Fig. 6 dargestellten Position, werden die Anschlüsse der Verbindungsleitungen 24X

und 25X durch den gleichen Arbeitsraum verbunden. Das Ventil 41X ist dabei geschlossen, bis die nächste Spitze des Drehkolbens 51A diese beiden Anschlüsse in zwei unterschiedliche Arbeitsräume trennt. Unmittelbar nach dem Überfahren des Anschlusses der Verbindungsleitung 24X auf der rechten Seite (der Fig. 6) durch die Drehkolbenspitze 51A, schließt das Ventil 40X, damit es beim nachfolgenden Öffnen eines gemeinsamen Arbeitsraum zu keinem Überströmen zwischen den Anschlüssen der Verbindungsleitungen 40X und 41X und somit zwischen dem Verflüssiger 11X und dem Verdampfer 12X kommt.

10

Auf der linken Seite des Drehkolbenmotors bewegt sich gleichzeitig die Kolbenspitze 51C weg vom Anschluss der Leitung 24A in Richtung des Anschlusses der Leitung 25A. Das Ventil 41A schließt bevor die Kolbenspitze 51C den Anschluss der Leitung 25A überfährt, damit von dem daraus entstehenden gemeinsamen Arbeitsraum kein Kurzschluss bzw. Überströmen zwischen dem Verflüssiger 11A und Verdampfer 12 A verursacht wird.

15

Durch die Kühlung des linken Verflüssigers 11A ist der eingeschlossene gasförmige Arbeitsstoff auf die untere Temperaturebene abgekühlt. Der Druck innerhalb des Verflüssigers 11A entspricht maximal dem Dampfdruck des Arbeitstoffes bei der Temperatur des Kühlmediums. Ebenso ist der im rechten Verdampfer 12X eingeschlossene gasförmige Arbeitsstoff durch die andauernde Aufheizung des Verdampfers 12X aufgeheizt.

20

Der Kolben 51 definiert nun mit dem Eckpunkt 51B zwei Arbeitsräume 22a und 22b, (nebst einem dritten Arbeitsraum 23). Dabei befindet sich der Anschluss des Verflüssigers 11A im linken Arbeitsraum 22b, und der Anschluss des Verdampfers 12X befindet sich im rechten Arbeitsraum 22a. Das Ventil 40A beim Verflüssiger 11A und das Ventil 41X beim Verdampfer 12X werden geöffnet.

30

Der niedrige Druck im linken Verflüssiger 11A und der hohe Druck im rechten Verdampfer 12X wirken durch die jeweiligen Verbindungsrohre 24A, 25X

auf den nun nach oben exzentrisch gelagerten Drehkolben 51. Durch den Druckunterschied, der nun in den Arbeitsräumen 22a und 22b entsteht, wird der Drehkolben 51 weiter gegen den Uhrzeigersinn gedreht. Während dieses Vorganges bleiben die Ventile 41A und 40X geschlossen.

5

Bevor die Drehkolbenecke 51B die Anschlussstelle des Verbindungsrohres 24A überfährt, werden die Ventile 40A und 41X geschlossen.

Der Drehkolben definiert nun wieder zwei Arbeitsräume 23a und 23b "unten" in Fig. 6. Sobald der Eckpunkt 51B den Anschlusspunkt der Leitung 24A überfahren hat öffnen sich die Ventile 41A und 40X und der Vorgang wiederholt sich, wobei sich nun Eckpunkt 51 unten befindet.

Wärmekraftmaschine 5. Ausführungsbeispiel

15

Fig. 7 zeigt eine schematische Darstellung eines fünften Ausführungsbeispiels einer Wärmekraftmaschine 400 gemäß der vorliegenden Erfindung. Genauso wie beim vierten Ausführungsbeispiel ist als Antrieb ein Drehkolbenmotor 50 vorgesehen. Aber anders als beim vierten Ausführungsbeispiel ist der obere Arbeitsraum 22 mit mehreren Verflüssigern 11A, 11B und 11C sowie mit mehreren Verdampfern 12X, 12Y und 12 Z verbunden, und der untere Arbeitsraum 23 mit dem Verflüssiger 11X, 11Y und 11Z sowie mit Verdampfern 12A, 12B und 12C verbunden.

Der Rest der Wärmekraftmaschine 400 gemäß dem fünften Ausführungsbeispiel ist aus ähnlichen Teilen aufgebaut, wie die Wärmekraftmaschine 300. Daher werden für entsprechende Teile die gleichen Bezugszeichen verwendet. Für die Teile auf der linken Seite (Fig. 6) des Drehkolbenmotors 50 werden den Bezugszeichen ein "A", ein "B" oder ein "C" angehängt (entsprechend den Wärmetauscherpaaren). und für die Teile auf der rechten Seite (Fig. 6) des Drehkolbenmotors wird dem Bezugszeichen entsprechend ein "X", ein "Y" oder ein "Z" angehängt. Weiterhin werden die entsprechenden Teile teilweise nicht so ausführlich beschrieben.

30

Die Wärmekraftmaschine 400 gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung weist sechs Wärmetauscherpaare 10A, 10B, 10C, 10X, 10Y, 10Z einen Drehkolbenmotor 50, weiter sechs Arbeitsstoffüberträger 30A, 30B, 5 30C, 30X, 30Y, 30Z und zwölf Ventile 40A, 40B, 40C, 40X, 40Y, 40Z, 41A, 41B, 41C, 41X, 41Y, 41Z auf. Die Wärmetauscherpaare 10A - 10Z bestehen jeweils aus einem ersten Wärmetauscher bzw. Verflüssiger 11A - 11Z (folgend Verflüssiger) und einem zweiten Wärmetauscher bzw. Verdampfer 12A - 12Z (folgend Verdampfer). Wie beim ersten Ausführungsbeispiel hat jeder 10 Verflüssiger 11A - 11Z einen unteren Endteil 13, und jeder Verdampfer 12A - 12Z hat einen oberen Endteil 14.

Der obere Endteil 14 der einzelnen Wärmetauscher sowie die weiter unten beschriebenen Teile der Wärmekraftmaschine 400 können jeweils durch eine 15 Isolierung 15 vom Rest der Verdampfer 12A - 12Z isoliert sein. Die Isolierung ist aus einem Material, das für die Drücke und die mechanische Belastung geeignet, aber gleichzeitig ein schlechter Wärmeleiter ist. Die Isolierung 15 wird zur Minimierung der Wärmeübertragung von den Verdampfern 12A - 12Z zum Rest der Wärmekraftmaschine 400 eingesetzt.

20 Die Verflüssiger 11 - 11Z und die Verdampfer 12A - 12Z sind jeweils als Rohr 16 mit Lammellen 17 dargestellt. Es sei jedoch bemerkt, dass auch andere geeigneten Formen von Wärmetauschern eingesetzt werden können. Es sei weiter darauf hingewiesen, dass in der Zeichnung nur ein Rohr 16 25 dargestellt ist, wobei jedoch Wärmetauscher mit einer beliebigen Anzahl von Rohren 16 vorgesehen sein können. Die Wärmetauscherpaare 10A - 10Z können auch eine geeignete Konstruktion für einen Wärmeaustausch durch Strahlung haben.

30 In den Verdampfern 12A - 12Z sind, wie bei den anderen Ausführungsbeispielen, Mittel zur Verteilung des Arbeitsstoffes 25 über eine große Oberfläche angeordnet, um einen verbesserten Wärmeübergang auf den Arbeitsstoff vorzusehen.

Die Verflüssiger 11A – 11Z sind von einem strömenden Kühlmedium 18 umgeben. Das Kühlmedium 18 kann gasförmig oder flüssig sein. Die Verdampfer 12A – 12Z sind von einem strömenden Heizmedium 19 umgeben. Das Heizmedium 19 kann ebenfalls gasförmig oder flüssig sein. Die unteren Endteile 13 der Verflüssiger 11A – 11Z und die oberen Endteile 14 der Verdampfer 12A – 12Z sind jeweils mit einem Arbeitsstoffüberträger 30A – 30Z verbunden. Der jeweilige Arbeitsstoffüberträger 30A – 30Z weist mindestens einen Arbeitsstofftransportraum 31 auf, der selektiv mit dem entsprechenden Verdampfer 12A – 12Z und mit dem entsprechenden Verflüssiger 11A – 11Z verbunden werden kann.

Wie bei den vorher beschriebenen Ausführungsbeispielen kann jeder Arbeitsstoffüberträger 30A – 30Z mindestens drei Stellungen einnehmen. In der ersten Stellung ist der Arbeitsstofftransportraum 31 mit dem unteren Endteil 13 des Verflüssigers verbunden. In der zweiten Stellung ist der Arbeitsstofftransportraum 31 vom Verflüssiger 11A – 11Z und vom Verdampfer getrennt. In der dritten Stellung ist der Arbeitsstofftransportraum 31 mit dem oberen Endteil 14 des Verdampfers 12A – 12Z verbunden. Die Arbeitsstoffüberträger 30A – 30Z können einen mechanischen elektrischen, pneumatischen, hydraulischen oder sonstigen Antrieb aufweisen, der zeitabhängig gemäß einem unten genauer erklärten Betriebsverfahren aktiviert wird.

Betrieb der Wärmekraftmaschine gemäß dem 5. Ausführungsbeispiel

25

Der Betrieb der Wärmekraftmaschine im dritten Ausführungsbeispiel ist schematisch in den Figuren 8a bis 8f dargestellt.

Takt 1 (Fig. 8a)

30

Durch die Kühlung des Verflüssigers 11A ist das eingeschlossene Arbeitsgas auf die untere Temperaturebene abgekühlt, und der Druck innerhalb des Verflüssigers 11A entspricht maximal dem Dampfdruck des Arbeitstoffes bei der Kühlmediumtemperatur. Ebenso ist der im Verdampfer 12X eingeschlos-

sener Arbeitsstoff durch die ständige Beheizung des Verdampfers 12X ausreichend beheizt.

Der Drehkolben 51 ist, wie in Fig. 8a dargestellt, mit dem Eckpunkt 51A nach oben gerichtet. Die Ventile 40A am Verflüssiger 11A und 41X am Verdampfer 12X sind geöffnet. Die Drücke im Verdampfer 11A und im Verflüssiger 12X setzen sich durch die jeweiligen Verbindungsrohre 24 und 24A sowie 25 und 25X bis in die Arbeitsräumen 22a und 22b fort. Durch den Druckunterschied, der zwischen dem Arbeitsraum 22a und dem Arbeitsraum 22b auf den beiden Seiten des exzentrischen Teils des Drehkolbens 51 besteht, wird der Drehkolben gegen den Uhrzeigersinn gedreht.

Während sich der Drehkolben dreht, wird das Kondensat vom Verflüssiger 11Y zum Verdampfer 12Y durch den Arbeitsstoffüberträger 30Y übertragen. Sobald der Eckpunkt 51A des Drehkolbens 51 die Anschlussstelle des Verbindungsrohrs 24 auf der linken Seite erreicht, werden die Ventile 40A und 41 X geschlossen und Takt 1 ist beendet.

Takt 2 (Fig. 8b)

Inzwischen ist der Arbeitsstoff im Verdampfer 12B ausreichend beheizt, und der Arbeitsstoff im Verflüssiger 11Z ist ausreichend gekühlt. Die Ventile 41B am Verdampfer 12B und 40Z am Verflüssiger 11Z werden gleichzeitig geöffnet, sobald der Eckpunkt 51A den Anschluss der Leitung 24 auf der linken Seite überfahren hat und der Eckpunkt 51C den Anschluss der Leitung 25 auf der rechten Seite überfahren hat. Die Drücke im Verdampfer und im Verflüssiger setzen sich durch die jeweiligen Verbindungsrohre 25B sowie 24Z bis in den Arbeitszylinder 20 fort. Durch den Druckunterschied der nun zwischen den Arbeitsräumen 23a und 23b auf den beiden Seiten des Drehkolbens 51 besteht, wird der Kolben weiter gegen den Uhrzeigersinn gedreht.

Während sich der Drehkolben 51 weiter dreht wird das Kondensat vom Verflüssiger 11A zum Verdampfer 12A durch den Arbeitsstoffüberträger 30A

übertragen. Sobald der Eckpunkt 51B des Drehkolbens 51 die Anschlussstelle des Verbindungsrohrs 24 auf der rechten Seite erreicht, werden die Ventile 41B und 40Z geschlossen, und Takt 2 ist beendet.

5 Takt 3 (Fig. 8c)

In gleicher Weise wie in Takt 1 beschrieben, wird in Takt 3 der Drehkolben 51 durch Einwirken der Drücke aus dem Verdampfer 12Y und dem Verflüssiger 11C und den daraus resultierenden Druckunterschied weiter gegen den Uhrzeigersinn gedreht, während der flüssige kondensierte Arbeitsstoff aus
10 dem Verflüssiger 11Z in den Verdampfer 12Z übertragen wird.

Takt 4 (Fig. 8d)

Wie in Takt 2 beschrieben, wird in Takt 4 der Drehkolben 51 durch Einwirkung der Drücke aus Verdampfer 12A und Verflüssiger 11X und den daraus
15 resultierenden Druckunterschied, der nun zwischen den Arbeitsräumen 23a und 23b auf den beiden Seiten des Drehkolbens 51 entsteht, weiter gegen den Uhrzeigersinn gedreht, während der flüssige kondensierte Arbeitsstoff aus dem Verflüssiger 11C in den Verdampfer 12C übertragen wird.

20 Takt 5 (Fig. 8e)

In gleicher Weise wie in Takt 1 beschrieben, wird in Takt 5 der Drehkolben 51 durch Einwirken der Drücke aus Verdampfer 12Z und Verflüssiger 11B und den daraus resultierenden Druckunterschied, der nun zwischen den Arbeitsräumen 22a und 22b auf den beiden Seiten des Drehkolbens 51 entsteht, weiter gegen den Uhrzeigersinn gedreht, während der flüssige kondensierte Arbeitsstoff aus dem Verflüssiger 11X in den Verdampfer 12X über-
25 tragen wird.

Takt 6 (Fig. 8f)

30 Wie in Takt 2 beschrieben, wird in Takt 6 der Drehkolben 51 durch Einwirkung der Drücke aus Verdampfer 12C und Verflüssiger 11Y und den daraus resultierenden Druckunterschied, der nun zwischen den Arbeitsräumen 23a und 23b auf den beiden Seiten des Drehkolbens 51 entsteht, weiter gegen

den Uhrzeigersinn gedreht, während der flüssige kondensierte Arbeitsstoff aus dem Verflüssiger 11B in den Verdampfer 12B übertragen wird.

Nach Takt 6 beginnt der Prozess wieder von neuem mit Takt 1.

5

Hier sei nochmals darauf hingewiesen, dass, obwohl hier in einigen Ausführungsbeispielen sechs Wärmetauscherpaare 10 beschrieben wurden, trotzdem eine beliebige Anzahl von Wärmetauschern eingesetzt werden kann. Die Anzahl der Wärmetauscherpaare auf der linken Seite muss aber der Anzahl auf der rechten Seite entsprechen.

10

Allgemein gilt für alle Ausführungsbeispiele der Wärmekraftmaschine, dass eine schnelle Verdampfung des in einen Verdampfer eingeleiteten Kondensates vorteilhaft ist, um die Leistung zu erhöhen und die Taktzeiten zu verringern. Die Mittel zur Verteilung können beispielsweise Metallwolle, Metallfäden, eine Oberflächenstruktur oder Wärmeübertragungsfinnen aufweisen, die im Inneren des Verdampfers angeordnet sind. Weiterhin wird in Betracht gezogen, das Kondensat in den Verdampfer einzuspritzen.

15

Bei allen gezeigten Ausführungsbeispielen kann die Wärmekraftmaschine 1, 100, 200, 300, 400 eine Maschine antreiben. In Verbindung mit einem Lineargenerator kann die Bewegung und Arbeit des Kolbens direkt in elektrischen Strom umgesetzt werden. Die Kolbenbewegung wird alternativ durch ein Pleuelgestänge an eine Kurbelwelle mit einem Schwungrad übertragen (beides nicht gezeigt), so dass die verrichtete Arbeit durch die rotierende Kurbelwelle abgegeben werden kann. Bei einer Ausführung der Wärmekraftmaschine 300, 400 mit Drehkolbenmotor kann die Arbeit durch einen herkömmlichen (rotierenden) Generator in elektrischen Strom umgesetzt werden.

25

30

Da die Ausnutzung der Wärme durch eine einzelne Wärmekraftmaschine durch den erreichbaren Temperaturabfall über die Wärmetauscher 10 begrenzt ist, wird in Betracht gezogen, eine beliebige Anzahl dieser Wärme-

kraftmaschinen in Reihe hintereinander zu schalten. Das Heizmedium durchströmt dabei die einzelnen Wärmekraftmaschinen kaskadenartig. Ebenso durchströmt das Kühlmedium hierbei die Wärmekraftmaschinen in gleicher Weise kaskadenartig aber in entgegengesetzter Richtung und in umgekehrter Reihenfolge wie das Heizmedium.

Das Heizmedium nimmt bei der Durchströmung der einzelnen Wärmekraftmaschinen an Temperatur ab. Die Temperatur des Kühlmediums nimmt hingegen beim Durchströmen der einzelnen Wärmekraftmaschinen zu. Wegen des Gegenstromprinzips bleibt eine Temperaturdifferenz zwischen Heiz- und Kühlmedium mehr oder weniger erhalten.

In den einzelnen in Reihe geschalteten Wärmekraftmaschinen werden dabei unterschiedliche Arbeitsstoffe eingesetzt, welche jeweils auf das entsprechende Temperaturniveau abgestimmt sind.

Es können alternativ auch mehrere Wärmekraftmaschinen, durch welche hintereinander warmes Medium fließt, einzeln durch das Kühlmedium bei jeweils gleicher Temperatur durchströmt werden.

Bei der vorliegenden Erfindung sind die Wärmetauscherpaare 10 stationär und rotieren nicht, wie in der Druckschrift DE 102005013287 beschrieben, um den Arbeitsmotor herum. Die Verflüssiger 11 sind dabei oben und die Verdampfer 12 unten angeordnet. Der Verflüssiger 11 und der Verdampfer 12 können ständig von dem Heiz- bzw. Kühlmedium umströmt werden.

Die Innenräume von Verflüssiger und Verdampfer eines Wärmetauscherpaares 10 sind im Gegensatz zu der in der Druckschrift DE 102005013287 beschriebenen Wärmekraftmaschine nie miteinander verbunden. Aus diesem Grunde ist für den Verflüssiger 11 und Verdampfer 12 jeweils ein eigenes Ventil 40 bzw. 41 erforderlich.

Die Innenräume der Verflüssiger 11 und Verdampfer 12 sind durch den Arbeitsstoffüberträger 30 voneinander getrennt, wobei der Arbeitsstoffüberträger 30 die kondensierten Arbeitsstoff vom Verflüssiger 11 in den Verdampfer 12 befördert, ohne dass ein Druckausgleich zwischen den beiden stattfindet.

5

Bei dieser Erfindung kann ein Drehkolbenmotor, oder eine andere Rotationsmaschine, an Stelle eines Zylinders mit Kolben eingesetzt werden, bei dem die einzelnen Zustandsänderungen des Arbeitsstoffes direkt auf den Drehkolben einwirken.

10

Die Erfindung wurde zuvor anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele beschrieben. Dem Fachmann sind jedoch zahlreiche Abwandlungen und Ausgestaltungen möglich, ohne dass dadurch der Erfindungsgedanke verlassen wird.

15

Patentansprüche

1. Wärmekraftmaschine, die Folgendes aufweist:
mindestens ein Wärmetauscherpaar (10), das einen Verflüssiger (11)
5 und einen Verdampfer (12) aufweist;
mindestens einen Arbeitsstoffüberträger (30), der zwischen dem
Verflüssiger (11) und dem Verdampfer (12) des Wärmetauscherpaares
(10) angeordnet ist;
mindestens einen durch Arbeitsstoff angetriebenen Arbeitsmotor (20,
10 21; 50, 51);
eine Verbindungsleitung (24) zwischen dem Verflüssiger (11) und dem
Arbeitsmotor (20, 21; 50, 51);
eine Verbindungsleitung (25) zwischen dem Verdampfer (12) und dem
Arbeitsmotor;
15 Ventilmittel (40, 41), die zwischen dem Wärmetauscherpaar (10) und
dem Arbeitsmotor angeordnet sind und eine Strömungsmittelverbin-
dung dazwischen selektiv öffnen oder schließen.
2. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 1, wobei die Ventilmittel (40, 41)
20 Folgendes aufweisen
ein Ventil (40), das in der Verbindungsleitung zwischen dem Verflüs-
siger und dem Arbeitsmotor (20, 21; 50, 51) angeordnet ist; und
ein Ventil (41), das in der Verbindungsleitung zwischen dem
Verdampfer und dem Arbeitsmotor (20, 21; 50, 51) angeordnet ist.
25
3. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 1, wobei der Verflüssiger (11)
einen abgeschlossenen Innenraum definiert, und wobei der Arbeits-
stoffüberträger (30) mit dem unteren Teil des Innenraums verbunden
ist.
30
4. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 1, wobei der Verdampfer (12)
einen abgeschlossenen Innenraum definiert, und wobei der Arbeits-

stoffüberträger (30) mit dem oberen Teil des Innenraums verbunden ist.

5. Wärmekraftmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Arbeitsstoffüberträger (30) mindestens einen umschaltbaren Arbeitsstofftransportraum (31) aufweist, der in einer ersten Stellung selektiv mit dem Verdampfer (12) verbunden ist, der in einer zweiten Stellung mit dem Verflüssiger (11) verbunden ist, und der in einer dritten Stellung sowohl zum Verdampfer (12) als auch zum Verflüssiger (11) hin abgeschlossen ist.
6. Wärmekraftmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Arbeitsmotor einen Arbeitskolben (21; 51) enthält, der in dem Arbeitsmotor (20, 21; 50, 51) mindestens einen variablen Arbeitsraum (22, 23; 22a, 22b, 23a, 23b) definiert.
7. Wärmekraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Arbeitsmotor (20, 21) einen Arbeitskolben (21) enthält, der mit einem Arbeitszylinder (20) einen ersten und einen zweiten variablen Arbeitsraum (22, 23) definiert.
8. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 6, wobei die Verbindungsleitung (24) zwischen dem Verflüssiger (11) und dem Arbeitsmotor (20, 21; 50, 51) und die Verbindungsleitung (25) zwischen dem Verdampfer (12) und dem Arbeitsmotor (20, 21; 50, 51) beide mit dem Arbeitsraum (22, 23; 22a, 22b, 23a, 23b) verbunden sind.
9. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 6, wobei eine Vielzahl von Wärmetauscherpaaren (10A - 10Z) vorgesehen ist, deren Verflüssiger (11A - 11Z) und Verdampfer (12A - 12Z) mit dem einen Arbeitsraum verbunden sind.

10. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 7, wobei mindestens zwei Wärmetauscherpaare (10A – 10Z) vorgesehen sind, deren Verflüssiger (11A – 11Z) und Verdampfer (12A – 12Z) mit jeweils einem der ersten und zweiten Arbeitsräume (22, 23; 22a, 22b, 23a, 23b) verbunden sind.
11. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 10, wobei eine Vielzahl von Wärmetauscherpaaren (10A – 10C) vorgesehen ist, deren Verflüssiger (11A – 11C) und Verdampfer (12A – 12C) mit dem ersten Arbeitsraum verbunden sind, und wobei eine weitere Vielzahl von Wärmetauscherpaaren (10X – 10Z) vorgesehen ist, deren Verflüssiger (11Y – 11Z) und Verdampfer (12Y – 12Z) mit dem zweiten Arbeitsraum verbunden sind.
12. Wärmekraftmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in den Verdampfern (12A – 12Z) Mittel zur Verteilung des Arbeitsstoffes angeordnet sind.
13. Wärmekraftmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Mittel zur Verteilung geeignet sind, den Arbeitsstoff über eine große Oberfläche zu verteilen, um einen schnellen Wärmeübergang auf den Arbeitsstoff vorzusehen.
14. Wärmekraftmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Mittel zur Verteilung eine Einspritzvorrichtung, Metallwolle, Metallfäden, Oberflächenstrukturen, oder Wärmeübertragungsfinnen aufweisen, die im Inneren des Verdampfers (12A – 12Z) angeordnet sind.
15. Wärmekraftmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die weiter folgendes aufweist:
eine Vielzahl von Wärmetauscherpaaren (10A, 10B, 10C, 10X, 10Y, 10Z), die jeweils einen Verflüssiger (11A, 11B, 11C, 11X, 11Y, 11Z)

- und einen Verdampfer (12A, 12B, 12C, 12X, 12Y, 12Z) aufweisen;
eine Vielzahl von Arbeitsstoffüberträgern (30A, 30B, 30C, 30X, 30Y, 30Z), die jeweils zwischen dem Verflüssiger und dem Verdampfer jedes Wärmetauscherpaars angeordnet sind;
- 5 mindestens einen Arbeitsmotor (20, 21) mit ersten und zweiten Arbeitsräumen (22, 23), wobei eine erste Gruppe von Wärmetauscherpaaren (10A, 10B, 10C) mit dem ersten Arbeitsraum (22) verbunden ist, und wobei eine zweite Gruppe von Wärmetauscherpaaren (10X, 10Y, 10Z) mit dem zweiten Arbeitsraum (23) verbunden ist;
- 10 Verbindungsleitungen (24A, 24B, 24C) zwischen den Verflüssigern (11A, 11B, 11C) der ersten Gruppe von Wärmetauscherpaaren und dem ersten Arbeitsraum (22) des mindestens einen Arbeitsmotors;
Verbindungsleitungen (24X, 24Y, 24Z) zwischen den Verflüssigern (11X, 11Y, 11Z) der zweiten Gruppe von Wärmetauscherpaaren und
- 15 dem zweiten Arbeitsraum (23) des Arbeitsmotors;
eine Vielzahl von Ventilen (40A, 40B, 40C, 40X, 40Y, 40Z), wobei jeweils eines davon in der Verbindungsleitung zwischen jedem Verflüssiger (11A – 11Z) und dem daran angeschlossenen Arbeitsraum des mindestens einen Arbeitsmotors angeordnet ist;
- 20 Verbindungsleitungen (25A, 25B, 25C) zwischen den Verdampfern der ersten Gruppe von Wärmetauscherpaaren und dem ersten Arbeitsraum des mindestens einen Arbeitsmotors;
Verbindungsleitungen (25X, 25Y, 25Z) zwischen den Verdampfern der zweiten Gruppe von Wärmetauscherpaaren und dem zweiten Arbeits-
- 25 raum des mindestens einen Arbeitsmotors;
eine Vielzahl von Ventilen (41A, 41B, 41C, 41X, 41Y, 41Z), wobei jeweils eines davon in der Verbindungsleitung zwischen jedem Verdampfer (12A – 12Z) und dem daran angeschlossenen Arbeitsraum des mindestens einen Arbeitsmotors angeordnet ist.
- 30
16. Wärmekraftmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die weiter folgendes aufweist:
eine Vielzahl von Wärmetauscherpaaren (10A, 10B, 10C, 10X, 10Y,

10Z), die jeweils einen Verflüssiger (11A, 11B, 11C, 11X, 11Y, 11Z) und einen Verdampfer (12A, 12B, 12C, 12X, 12Y, 12Z) aufweisen; eine Vielzahl von Arbeitsstoffüberträgern (30A, 30B, 30C, 30X, 30Y, 30Z), die jeweils zwischen dem Verflüssiger und dem Verdampfer jedes Wärmetauscherpaars angeordnet sind;

5 mindestens einen Arbeitsmotor (20, 21) mit ersten und zweiten Arbeitsräumen (22, 23), wobei eine erste Gruppe von Wärmetauscherpaaren (10A, 10B, 10C) mit dem ersten Arbeitsraum (22) verbunden ist, und wobei eine zweite Gruppe von Wärmetauscherpaaren (10X, 10Y, 10Z) mit dem zweiten Arbeitsraum (23) verbunden ist;

10 eine Verbindungsleitung (24) zwischen den Verflüssigern (11A, 11B, 11C) der ersten Gruppe von Wärmetauscherpaaren und dem ersten Arbeitsraum des Arbeitsmotors, wobei die einzelnen Verflüssiger (11A, 11B, 11C) jeweils über eine Abzweigungsleitung (24A, 24B, 24C) an die Verbindungsleitung (24) angeschlossen sind;

15 eine Verbindungsleitung (24) zwischen den Verflüssigern (11X, 11Y, 11Z) der zweiten Gruppe von Wärmetauscherpaaren und dem zweiten Arbeitsraum des Arbeitsmotors, wobei die einzelnen Verflüssiger (11X, 11Y, 11Z) jeweils über eine Abzweigungsleitung (24X, 24Y, 24Z) an die Verbindungsleitung (24) angeschlossen sind;

20 eine Vielzahl von Ventilen (40A, 40B, 40C, 40X, 40Y, 40Z), wobei jeweils eines davon in den Abzweigungsleitungen (24A – 24Z) zwischen jedem Verflüssiger (11A, 11B, 11C, 11X, 11Y, 11Z) und der daran angeschlossenen Verbindungsleitung (24) angeordnet ist;

25 eine Verbindungsleitung (25) zwischen den Verdampfern (12A, 12B, 12C) der ersten Gruppe von Wärmetauscherpaaren und dem ersten Arbeitsraum des Arbeitsmotors, wobei die einzelnen Verdampfer (12A, 12B, 12C) jeweils über eine Abzweigungsleitung (25A, 25B, 25C) an die Verbindungsleitung (25) angeschlossen sind;

30 eine Verbindungsleitung (25) zwischen den Verdampfern (12X, 12Y, 12Z) der zweiten Gruppe von Wärmetauscherpaaren und dem zweiten Arbeitsraum des Arbeitsmotors, wobei die einzelnen Verdampfer (12X, 12Y, 12Z) jeweils über eine Abzweigungsleitung (25X, 25Y,

- 25Z) an die Verbindungsleitung (25) angeschlossen sind;
eine Vielzahl von Ventilen (41A, 41B, 41C, 41X, 41Y, 41Z), wobei je-
weils eines davon in den Abzweigungsleitungen (25A – 25Z) zwischen
jedem Verdampfer (12A, 12B, 12C, 12X, 12Y, 12Z) und der daran an-
geschlossenen Verbindungsleitung (25) angeordnet ist.
- 5
17. Wärmekraftmaschine nach einem der Ansprüche 15 oder 16, dadurch
gekennzeichnet, dass die erste Gruppe und die zweite Gruppe aus
jeweils drei Wärmetauscherpaaren bestehen.
- 10
18. Wärmekraftmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der Arbeitsmotor ein Kolbenmotor mit
sich linear hin und her bewegenden Kolben ist.
- 15
19. Wärmekraftmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der Arbeitsmotor ein Drehkolbenmotor
mit sich rotierend bewegenden Kolben ist.
- 20
20. Wärmekraftmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der Arbeitsstoffüberträger (30) zwei
Ventile aufweist, zwischen denen ein Raum zur Aufnahme von Ar-
beitsstoffkondensat angeordnet ist.
- 25
21. Verfahren zur Steuerung einer Wärmekraftmaschine nach Anspruch
1, bei dem folgende Schritte vorgesehen sind:
- 30
- a) Schließen des Ventils (40) zwischen dem Arbeitszylinder (20)
und dem Verflüssiger (11);
 - b) Schließen des Ventils (41) zwischen dem Arbeitszylinder (20)
und dem Verdampfer (11);
 - c) Kondensieren eines gasförmigen Arbeitsstoffes im Verflüssiger
(11);
 - d) Sammeln von kondensiertem flüssigen Arbeitsstoff im Arbeits-
stofftransportraum (31) des Arbeitsstoffüberträgers (30);

- e) Öffnen des Ventils (40) zwischen dem Arbeitszylinder (20) und dem Verflüssiger (11);
- f) Einleiten von gasförmigem Arbeitsstoff in den Verflüssiger (11);
- g) Sammeln von kondensiertem flüssigem Arbeitsstoff im Arbeitsstofftransportraum (31) des Arbeitsstoffüberträgers (30);
- 5 h) Schließen des Ventils (40) zwischen dem Arbeitszylinder (20) und dem Verflüssiger (11);
- i) druckdichtes Abriegeln des kondensierten flüssigen Arbeitsstoffes im Arbeitsstofftransportraum (31) vom Verflüssiger (11);
- 10 j) Leiten des kondensierten flüssigen Arbeitsstoffes in den Verdampfer (12);
- k) Verdampfen des flüssigen Arbeitsstoffes in dem Verdampfer (12);
- l) Öffnen des Ventils (41) zwischen dem Arbeitszylinder (20) und dem Verdampfer (11);
- 15 m) Leiten des verdampften Arbeitsstoffes in den Arbeitszylinder (20);
- n) Schließen des Ventils (41) zwischen dem Arbeitszylinder (20) und dem Verdampfer (11);
- 20 o) erneutes Ausführen der Schritte ab Schritt c).
22. Verfahren nach Anspruch 21, wobei der Schritt k) des Verdampfens des Arbeitsstoffes zumindest teilweise während der folgenden Schritte l) des Öffnens des Ventils (41) und m) des Leitens in den Arbeitszylinder (20) stattfindet.
- 25
23. Verfahren zur Steuerung einer Wärmekraftmaschine nach Anspruch 15 oder 16 bei folgende Schritte vorgesehen sind:
- a) Öffnen der Ventile (40A, 41X), Schließen der Ventile (40B, 40C, 40X, 40Y, 40Z, 41A, 41B, 41C, 41Y, 41Z), Sammeln von kondensiertem Arbeitsstoff in den Arbeitsstoffüberträgern (30A, 30B, 30C, 30X, 30Z);
- 30 b) Öffnen der Ventile (41B, 40Z), Schließen der Ventile (40A, 40B,

- 40C, 40X, 40Y, 41A, 41C, 41Y, 41Z), Sammeln von kondensiertem Arbeitsstoff in den Arbeitsstoffüberträgern (30B, 30C, 30X, 30Y, 30Z);
- 5 c) Öffnen der Ventile (40C, 41Y), Schließen der Ventile (40A, 40B, 40X, 40Y, 40Z, 41A, 41B, 41C, 41X, 41Z), Sammeln von kondensiertem Arbeitsstoff in den Arbeitsstoffüberträgern (30A, 30B, 30C, 30X, 30Y);
- 10 d) Öffnen der Ventile (40X, 41A), Schließen der Ventile (40A, 40B, 40C, 40Y, 40Z, 41B, 41C, 41X, 41Y, 41Z), Sammeln von kondensiertem Arbeitsstoff in den Arbeitsstoffüberträgern (30A, 30B, 30X, 30Y, 30Z);
- 15 e) Öffnen der Ventile (40B, 41Z), Schließen der Ventile (40A, 40C, 40X, 40Y, 40Z, 41A, 41B, 41C, 41X, 41Y), Sammeln von kondensiertem Arbeitsstoff in den Arbeitsstoffüberträgern (30A, 30B, 30C, 30Y, 30Z);
- f) Öffnen der Ventile (40Y, 41C), Schließen der Ventile (40A, 40B, 40C, 40X, 40Z, 41A, 41B, 41X, 41Y, 41Z), Sammeln von kondensiertem Arbeitsstoff in den Arbeitsstoffüberträgern (30A, 30C, 30X, 30Y, 30Z);
- 20 g) Erneutes Ausführen der Schritte a) bis f).

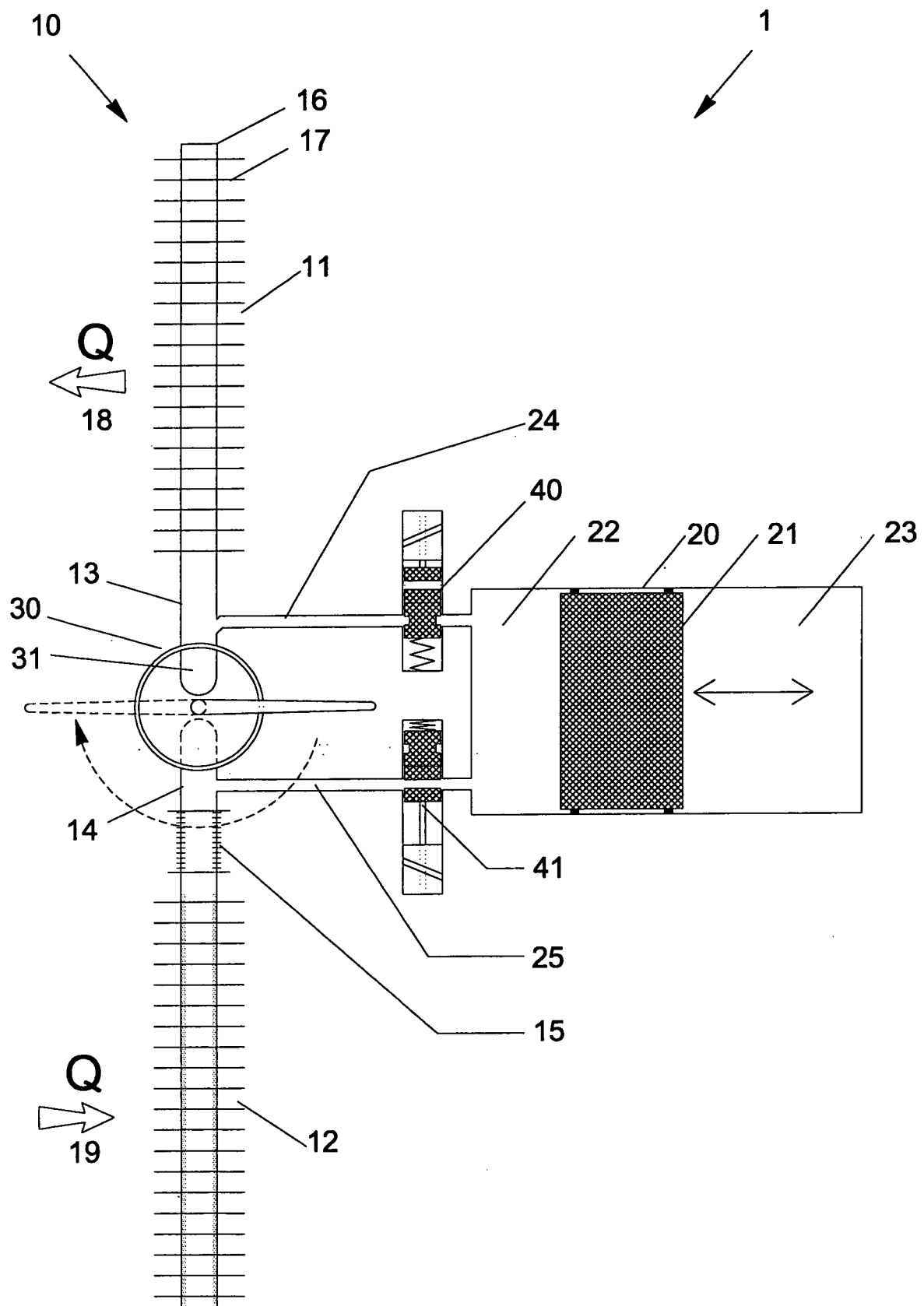


Fig. 1

Schritt 1-2

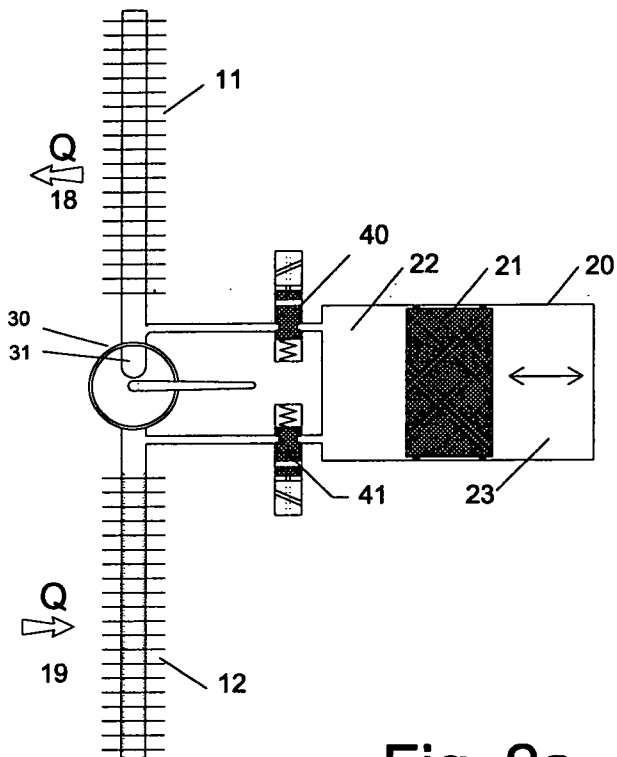


Fig. 2a

Schritt 2-3

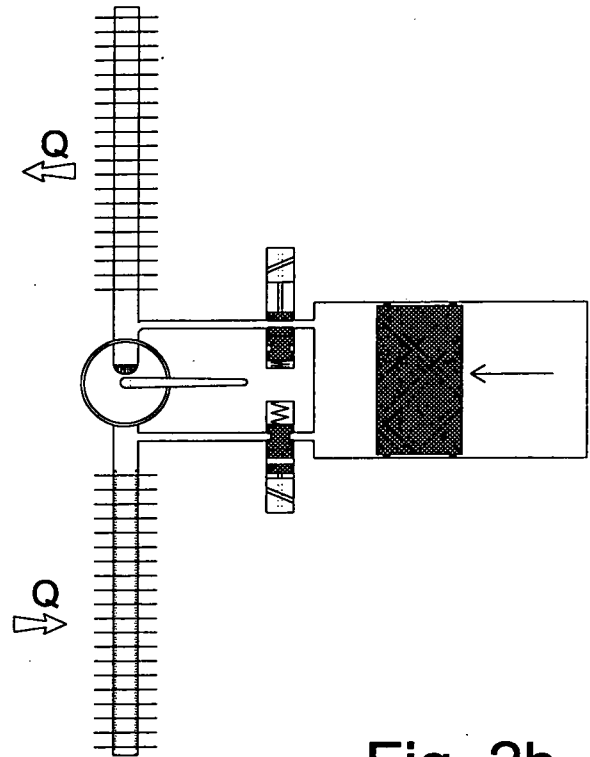


Fig. 2b

Schritt 3-4

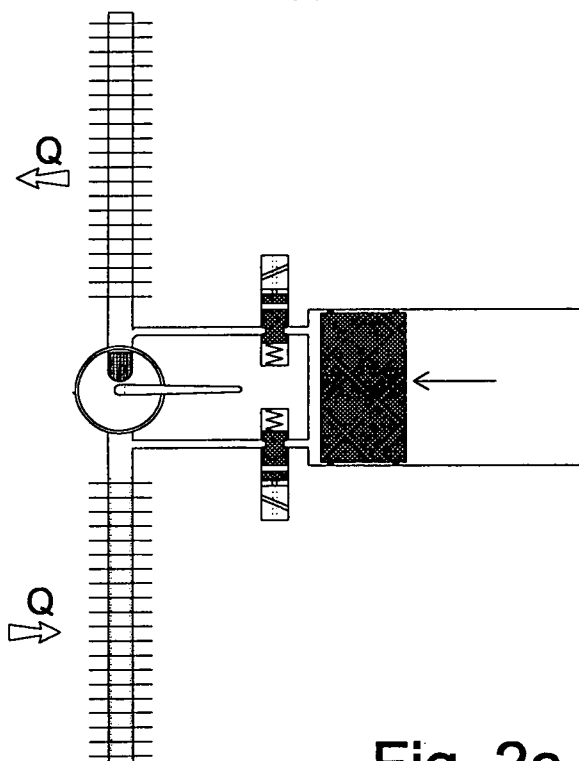


Fig. 2c

Schritt 4-5

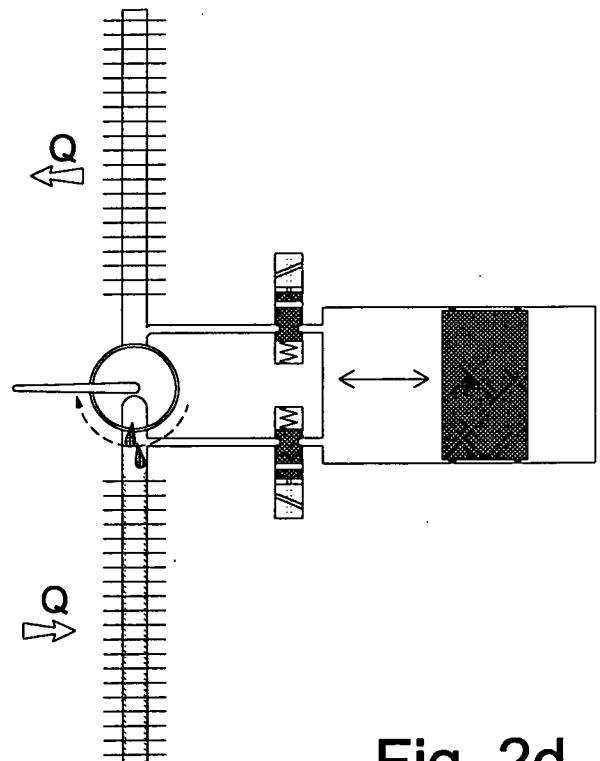


Fig. 2d

Schritt 5-6

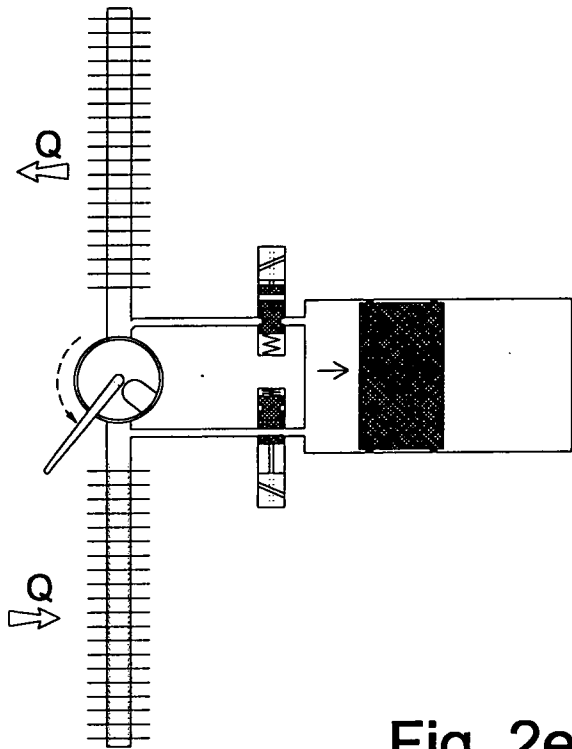


Fig. 2e

Schritt 6-1

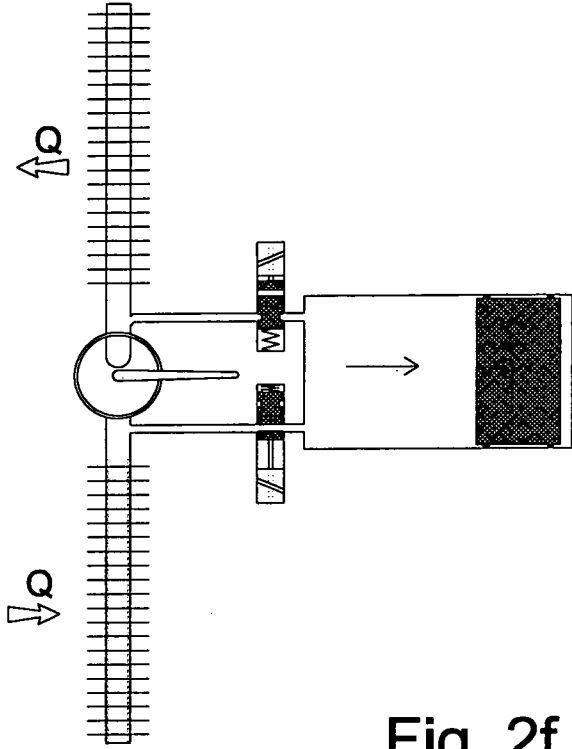


Fig. 2f

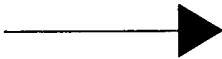


Fig. 2a

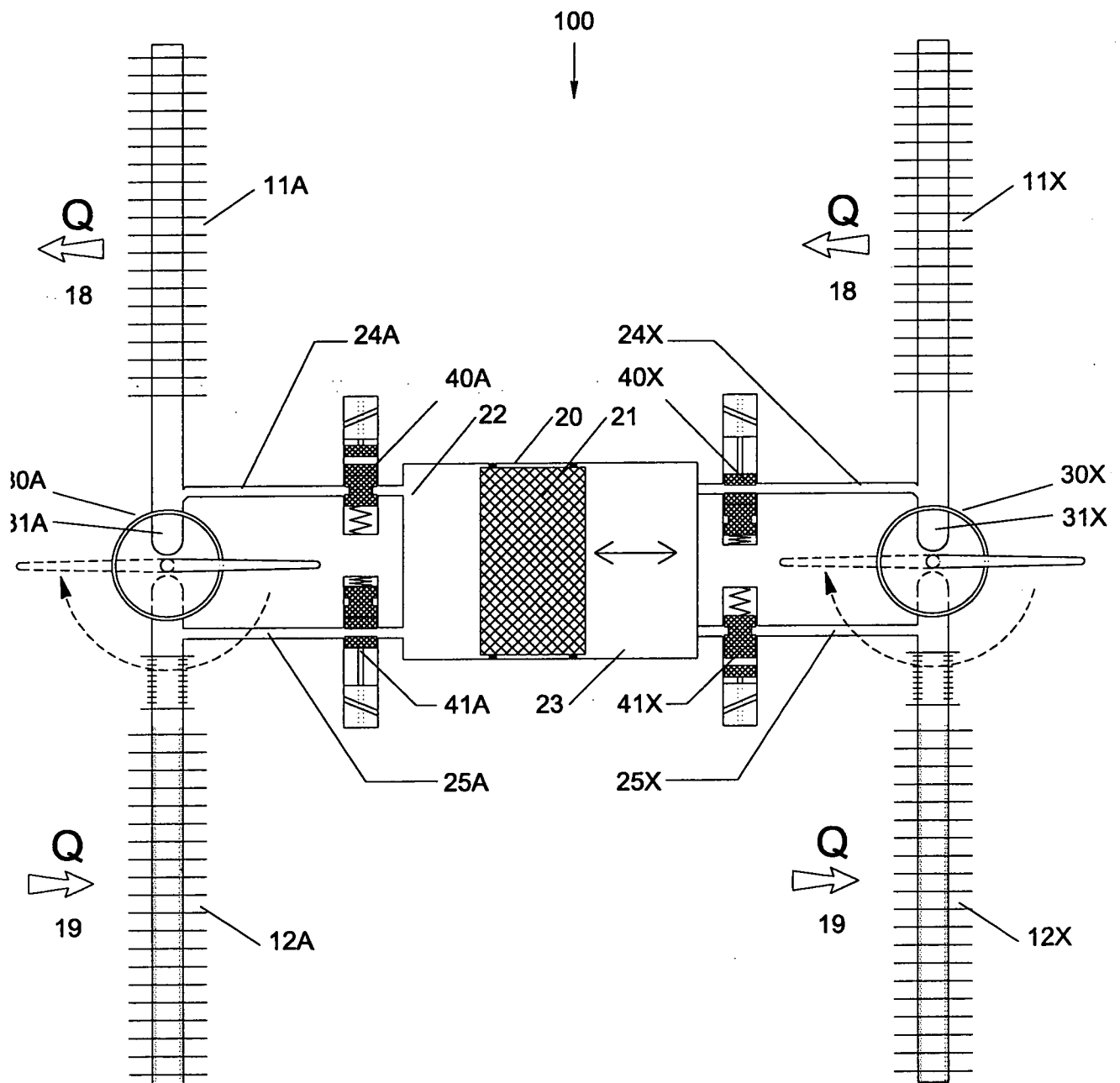


Fig. 3

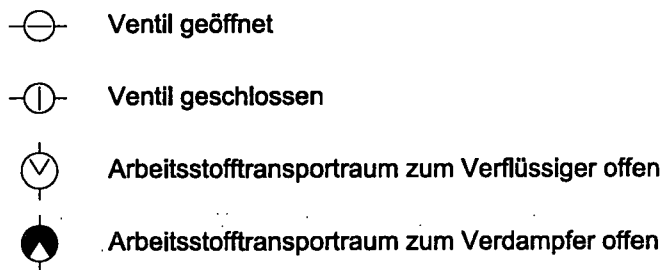
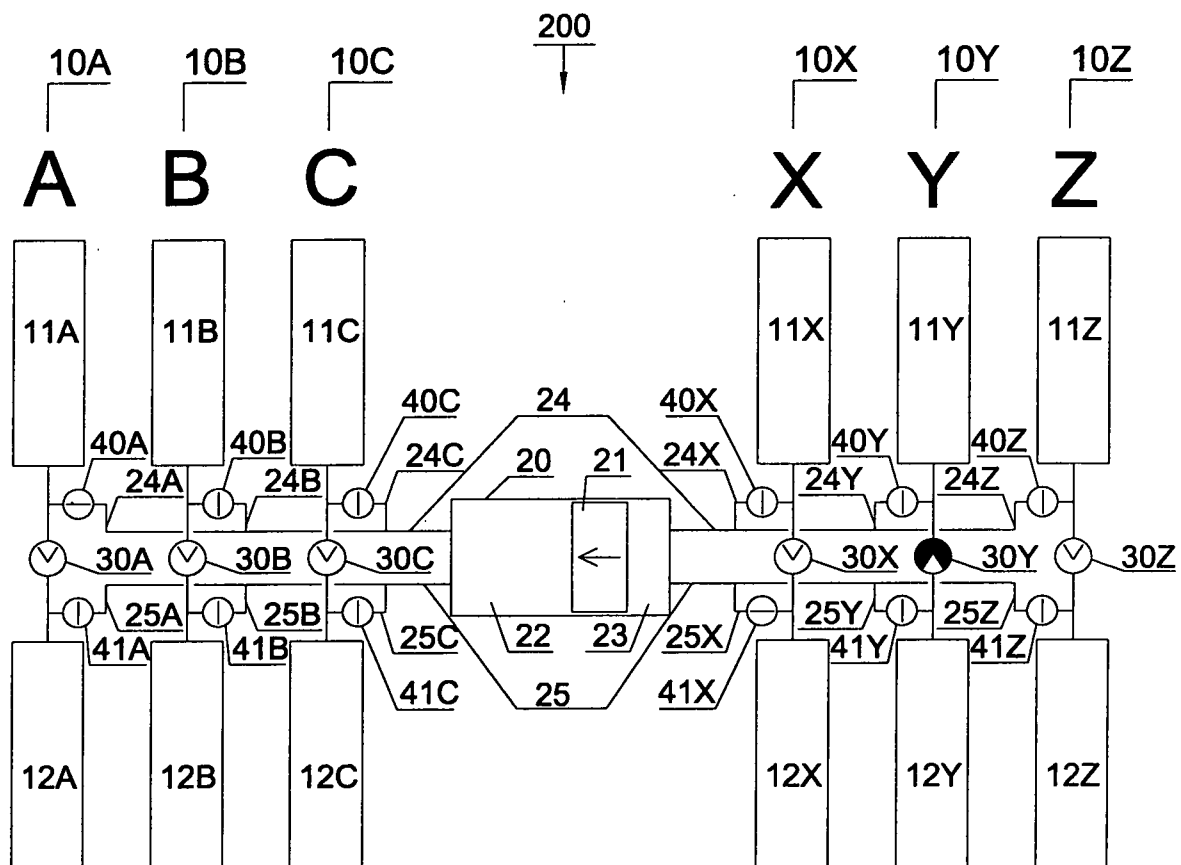


Fig. 4

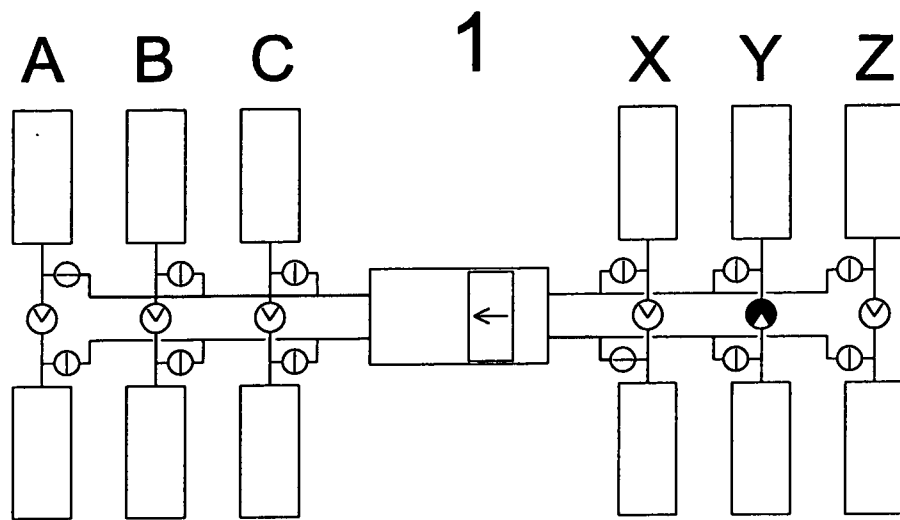


Fig. 5a

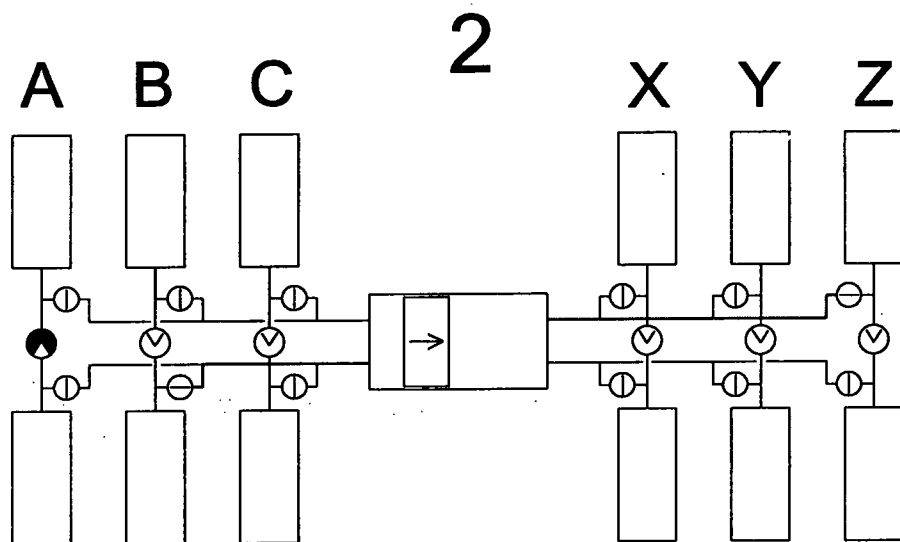


Fig. 5b

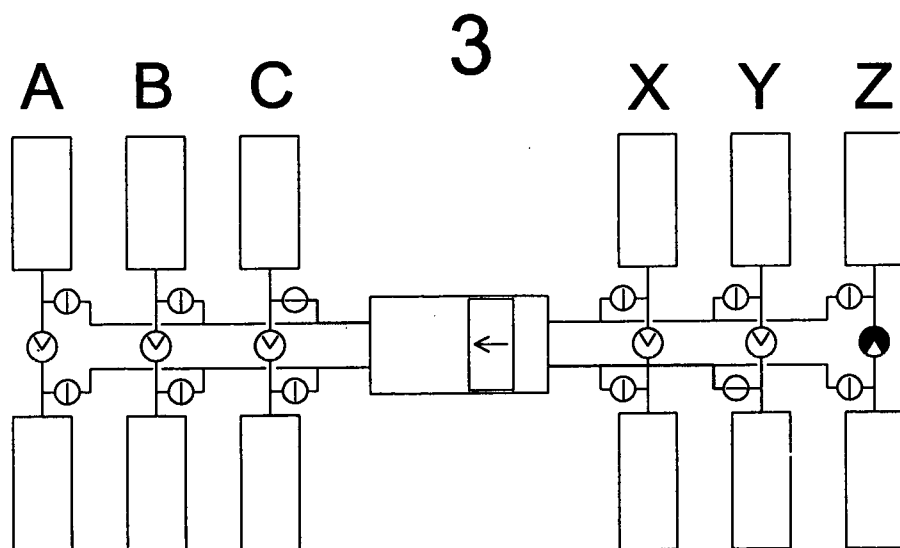


Fig. 5c

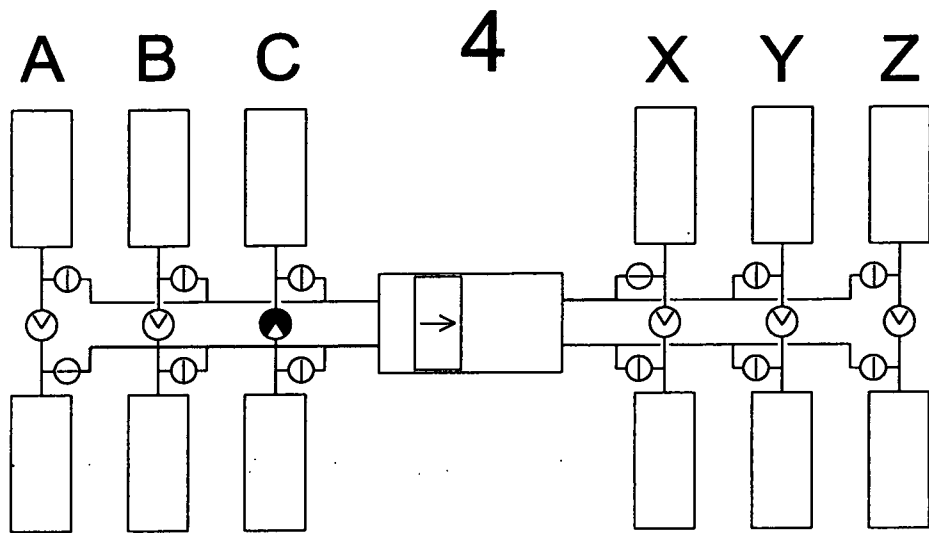


Fig. 5d

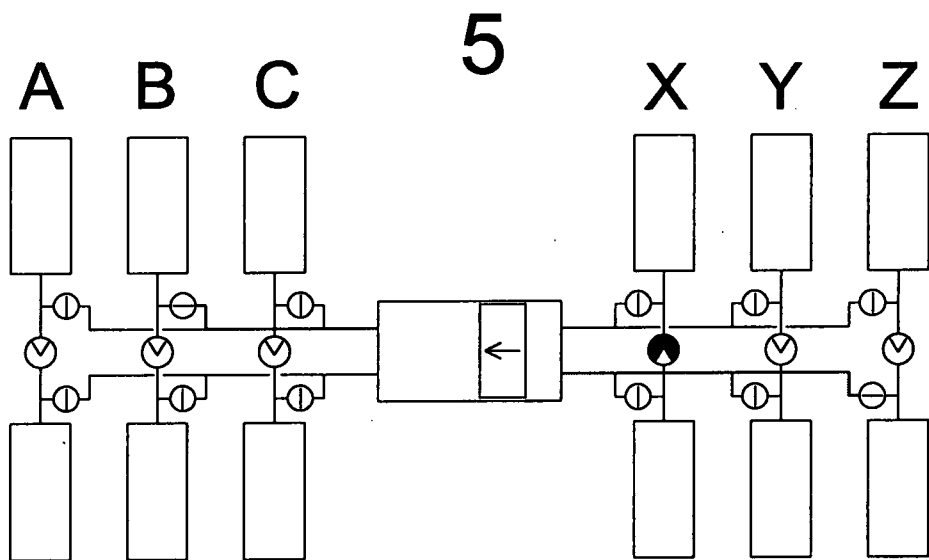


Fig. 5e

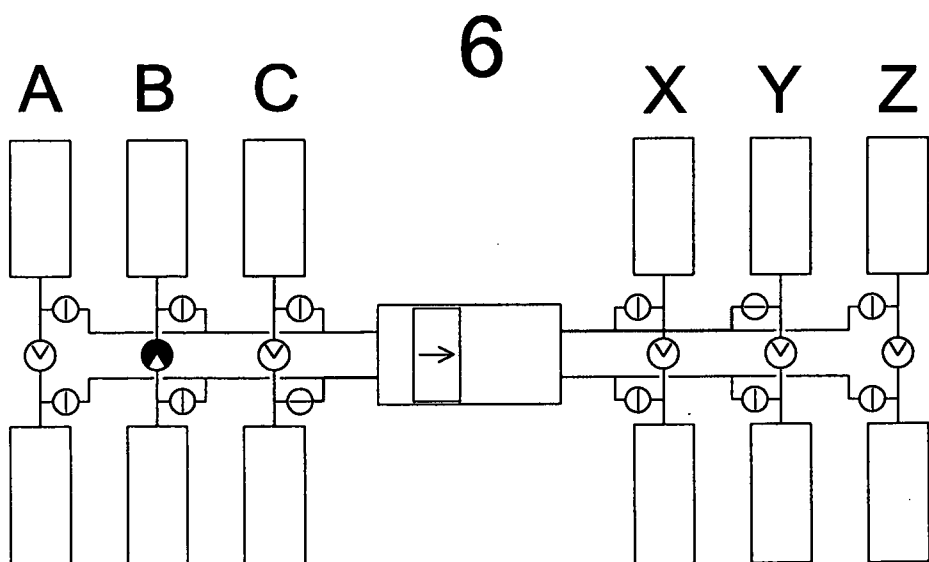


Fig. 5f

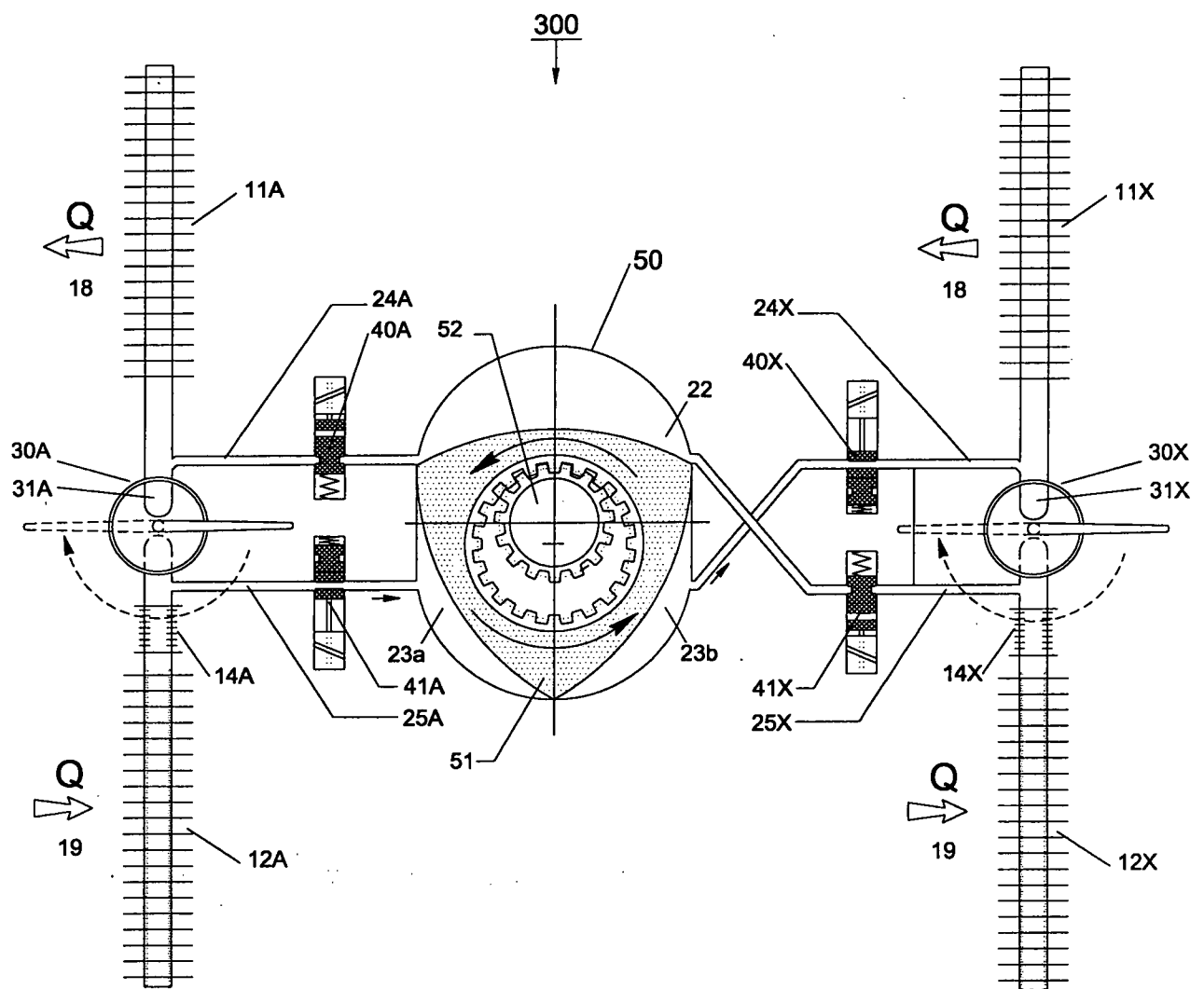


Fig. 6

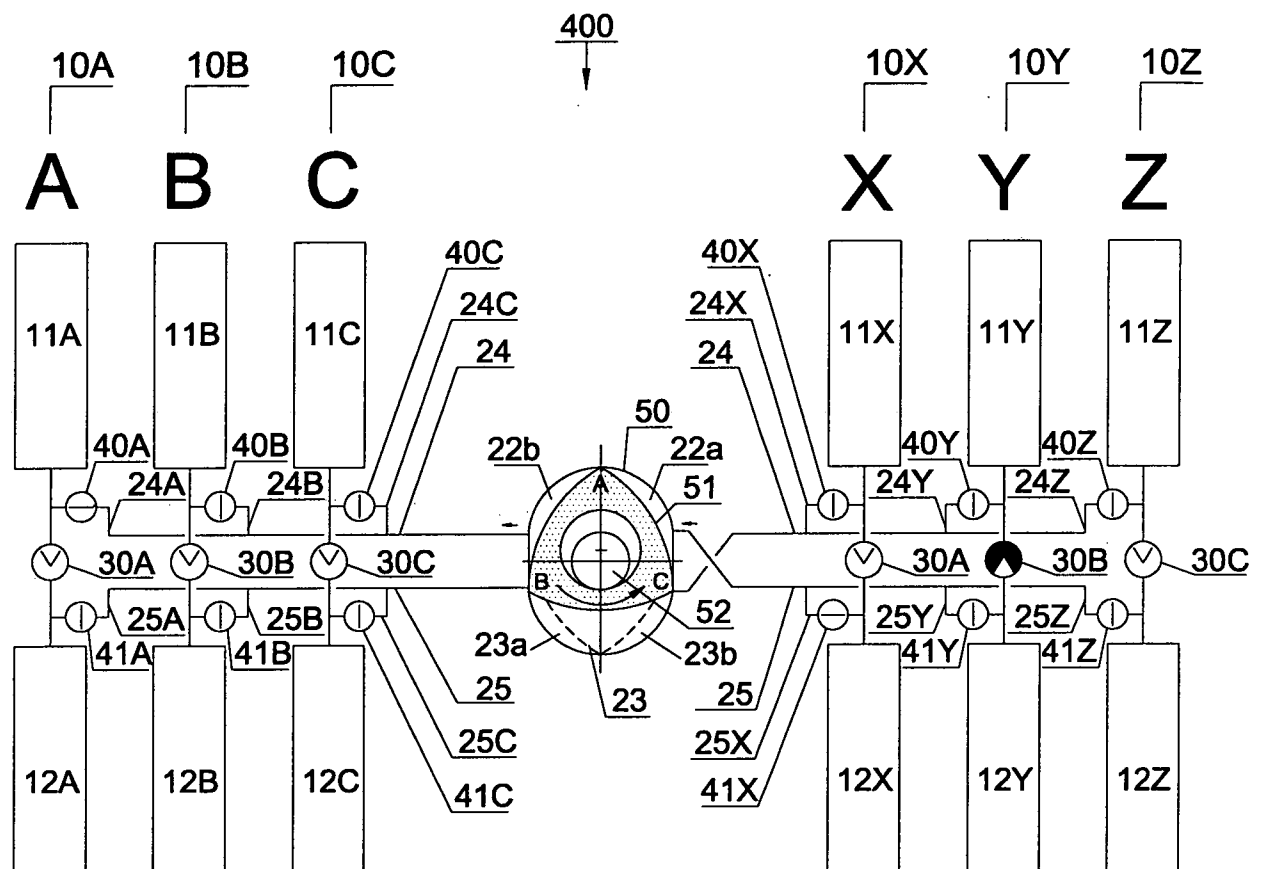


Fig. 7

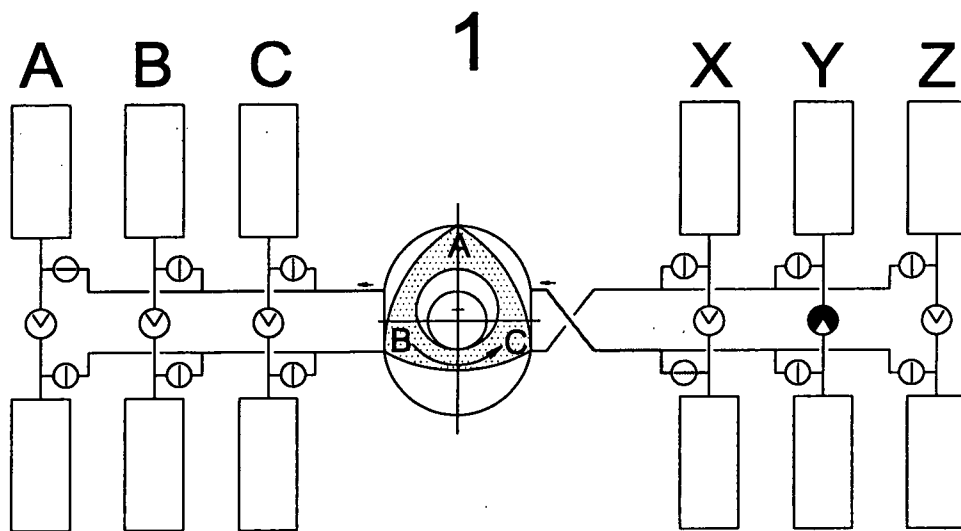


Fig. 8a

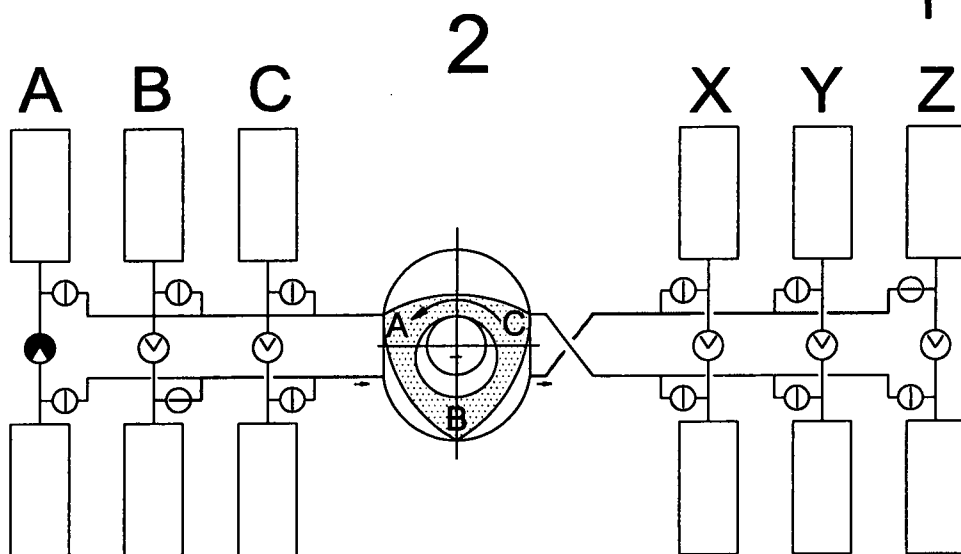


Fig. 8b

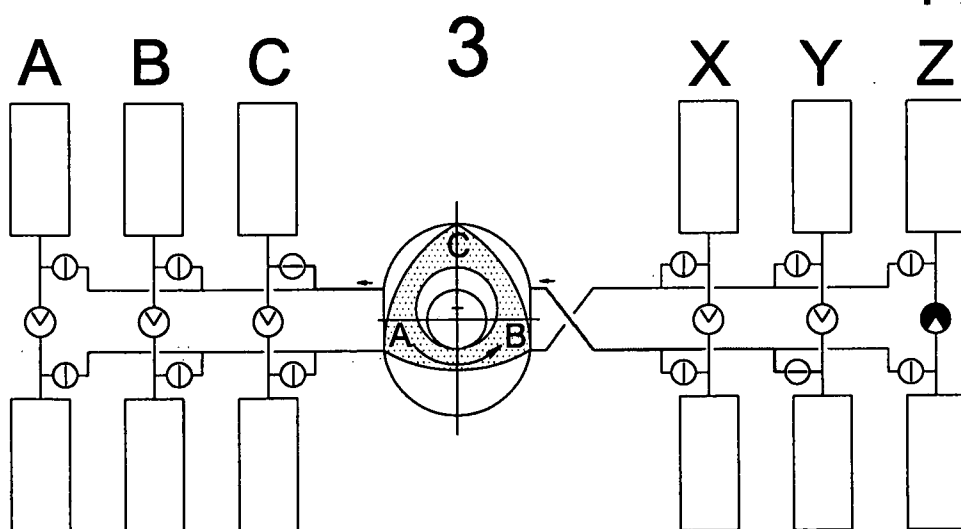


Fig. 8c

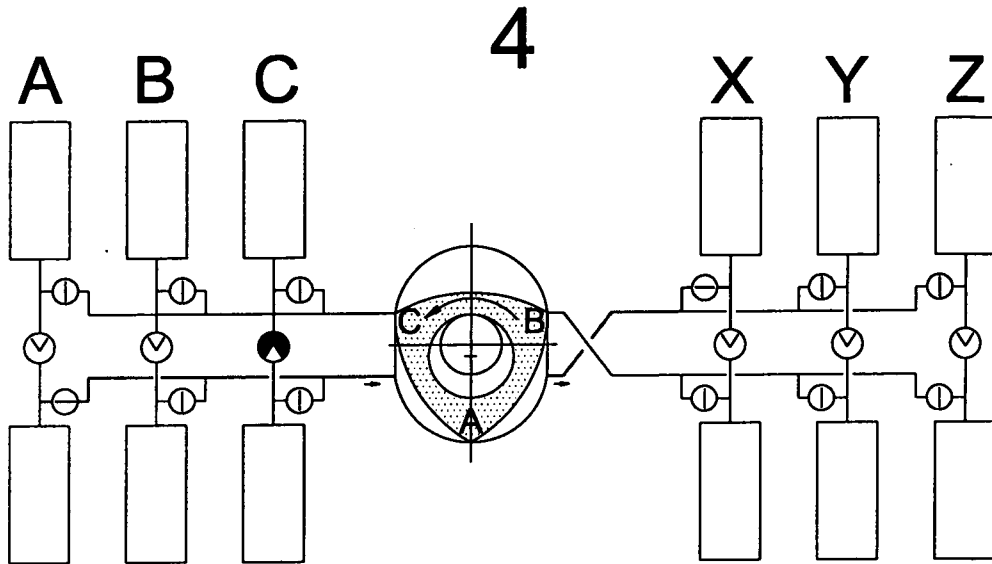


Fig. 8d

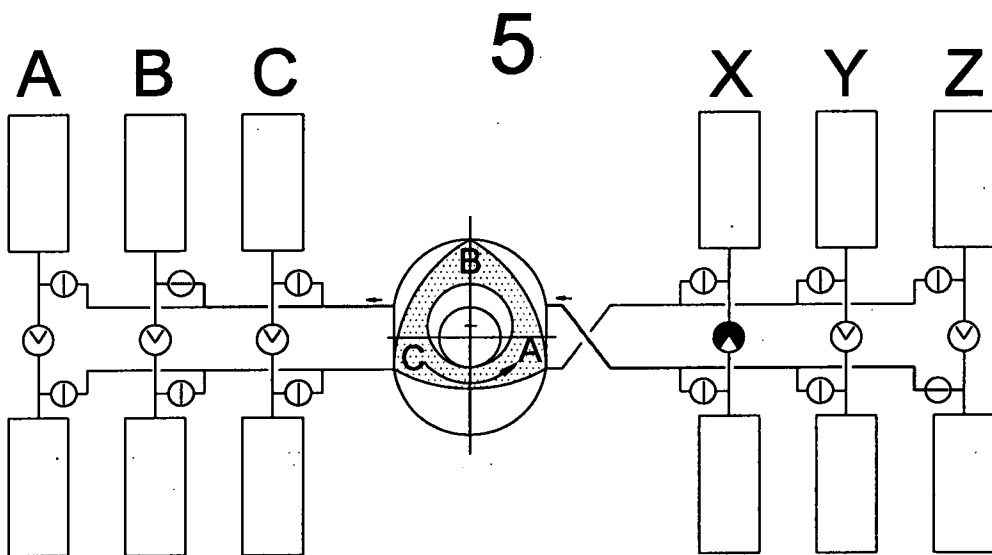


Fig. 8e

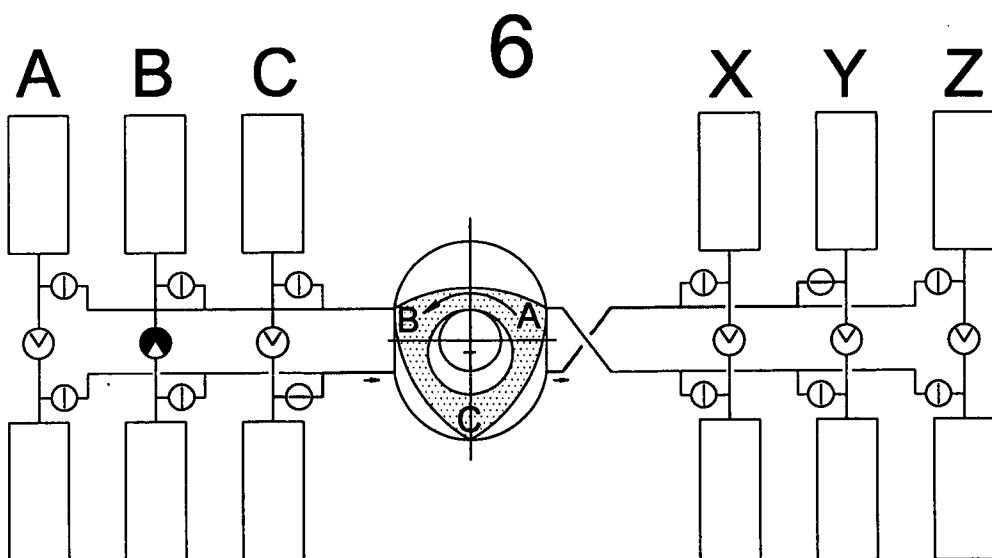
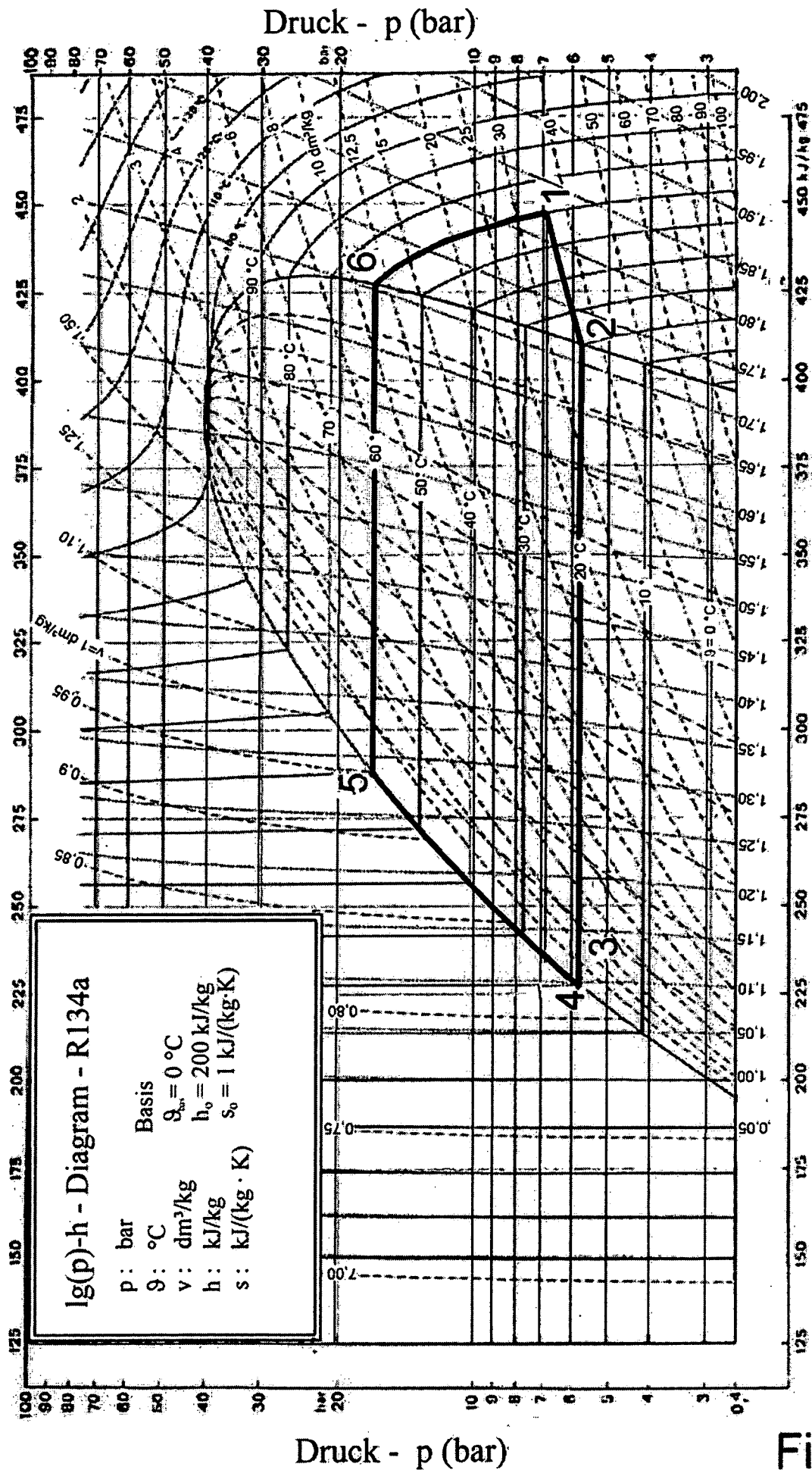


Fig. 8f



Druck - p (bar)

Fig. 9

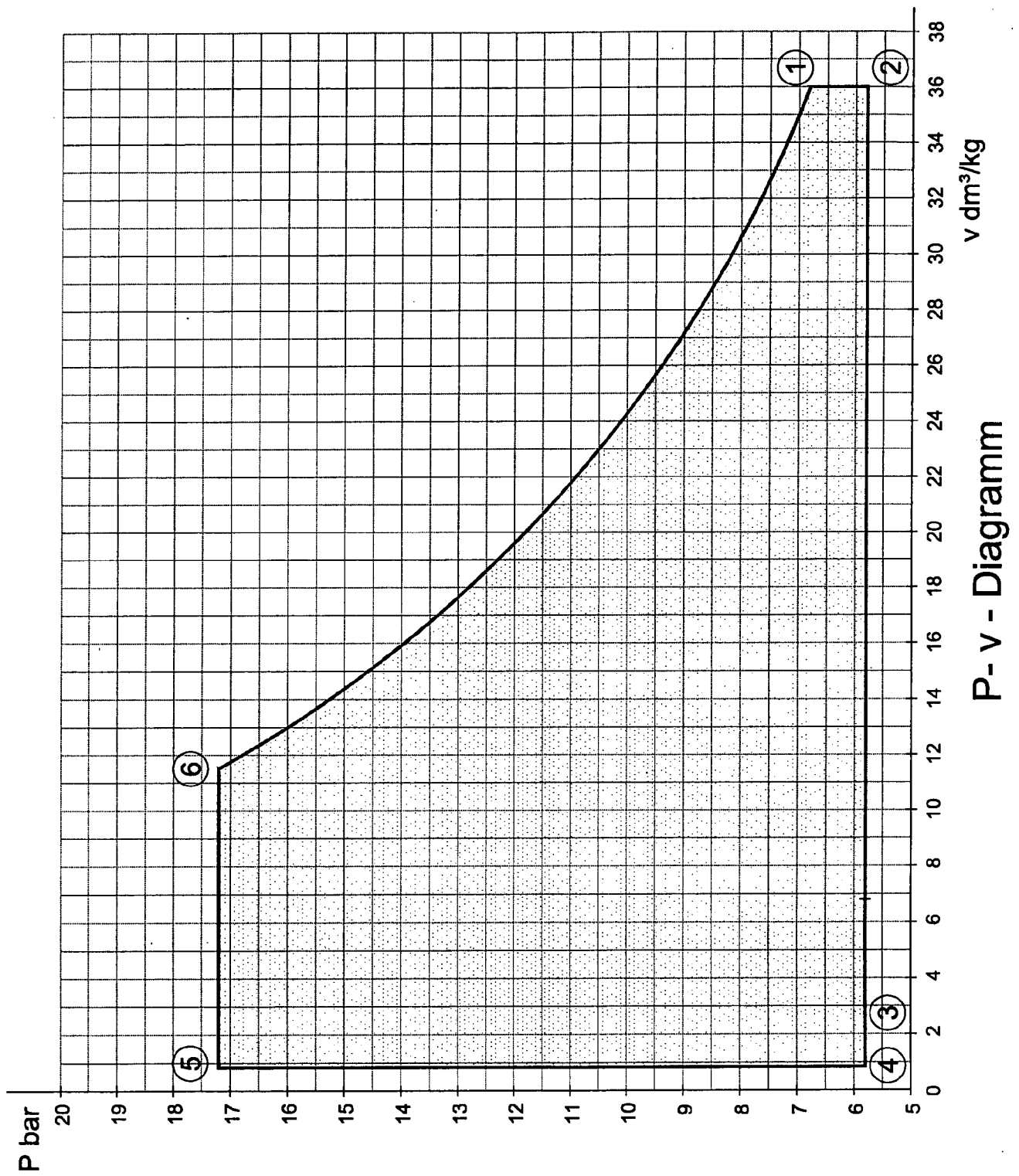


Fig. 10

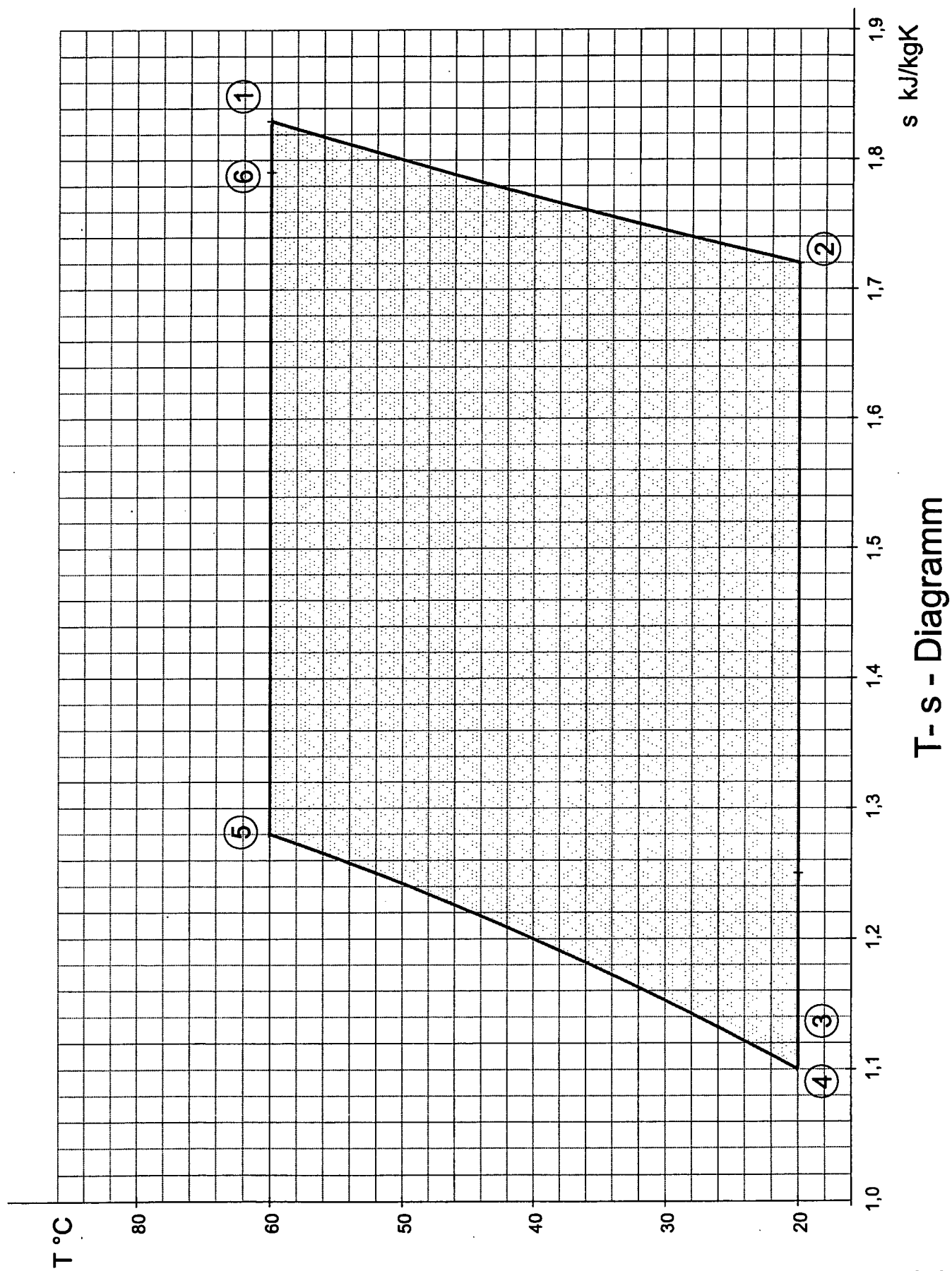


Fig. 11