

(19)



(11)

EP 3 147 466 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
06.03.2019 Patentblatt 2019/10

(51) Int Cl.:
F01K 7/12 ^(2006.01) **F01K 9/00** ^(2006.01)
F01K 25/10 ^(2006.01) **F01B 29/12** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15187210.8**

(22) Anmeldetag: **28.09.2015**

(54) **FLUIDENERGIEMASCHINE**

FLUID ENERGY MACHINE

MACHINE A ENERGIE HYDRAULIQUE

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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
29.03.2017 Patentblatt 2017/13

(73) Patentinhaber: **Bodem, Manfred
6600 Reutte (AT)**

(72) Erfinder: **Bodem, Manfred
6600 Reutte (AT)**

(74) Vertreter: **PATERIS Patentanwälte PartmbB
Alzheimer Eck 13
80331 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 3 327 838 DE-A1- 19 524 171
FR-A- 992 219 FR-A1- 2 996 252
US-A1- 2010 252 028

EP 3 147 466 B1

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Fluidenergiemaschine.

[0002] Herkömmlich wird Wärme in mechanische Arbeit in einer Fluidenergiemaschine umgewandelt, wie beispielsweise in einem Dampfkraftwerk. Die mechanische Arbeit kann beispielsweise verwendet werden, um elektrischen Strom zu erzeugen oder um ein Prozessgas zu verdichten. Um das Dampfkraftwerk zu betreiben, werden herkömmliche fossile Energiequellen, wie beispielsweise Kohle, verbrannt. Wünschenswert wäre es hier zur Vermeidung von Kohlendioxidemissionen alternative Energiequellen einzusetzen.

[0003] In dem Dampfkraftwerk wird in einem Kreisprozess Wasser unter Zuführung von Wärme verdampft und anschließend wieder unter Entnahme von Wärme kondensiert. Die Kondensation des Wassers erfolgt beispielsweise in einem Kühlturm, in dem eine Verdampfung von Kühlwasser erfolgt und somit die Verdampfungsenthalpie des Kühlwassers zum Entziehen der Wärme ausgenutzt wird. Alternativ kann ein natürliches Gewässer, beispielsweise ein Fluss oder ein See, zur Entnahme von Wärme eingesetzt werden. Die Entnahme der Wärme ist jedoch aufwändig und vermindert zudem den Wirkungsgrad des Kreisprozesses, weil die entnommene Wärme nicht in die mechanische Energie umgewandelt werden kann.

[0004] DE 33 27 838 A1 offenbart einen Dampfkraftmaschinen-Kreisprozess zur vollständigen Umwandlung von Wärme in mechanische Arbeit. US 2010/0252028 A1 offenbart ein Zwischendruckspeichersystem als thermischen Speicher.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es daher eine Fluidenergiemaschine zu schaffen, die verbessert ist und die einen hohen Wirkungsgrad hat.

[0006] Die Aufgabe wird mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Bevorzugte Ausgestaltungen dazu sind in den weiteren Patentansprüchen angegeben.

[0007] Die erfindungsgemäße Fluidenergiemaschine weist ein Arbeitsfluid, einen Verdampfer, in dem das Arbeitsfluid unter Zufuhr von Wärme von seinem flüssigen Zustand in seinen gasförmigen Zustand überführbar ist, einen im Wesentlichen adiabatischen Expansionsbehälter, mindestens eine Kolbenmaschine mit einem Kolben, mittels der Energie des Arbeitsfluids in mechanische Energie umwandelbar ist und die mindestens einen von dem Kolben begrenzten Zylinderraum aufweist, der im Betrieb der Fluidenergiemaschine abwechselnd fluidleitend verbunden ist mit dem Verdampfer, wodurch der Zylinderraum sich durch Verschieben des Kolbens vergrößert, und dem Expansionsbehälter, wodurch der Zylinderraum sich durch Verschieben des Kolbens verkleinert, einen Speicherbehälter, der fluidleitend mit dem Verdampfer und mit dem Expansionsbehälter verbunden ist, und eine Fördereinrichtung auf, die eingerichtet ist das Arbeitsfluid sowohl in seinem gasförmigen Zustand als auch in seinem flüssigen Zustand von dem Expansi-

onsbehälter zu dem Speicherbehälter zu fördern, wobei der Expansionsbehälter im Vergleich zu dem Zylinderraum derart dimensioniert ist, dass das Arbeitsfluid durch die Expansion des gasförmigen Fluids in dem Expansionsbehälter kondensierbar ist, und in dem Speicherbehälter das Arbeitsfluid sowohl in seinem gasförmigen als auch in seinem flüssigen Zustand vorliegt, so dass das Arbeitsfluid in dem Fall, dass es nicht im Expansionsbehälter kondensiert, in dem Speicherbehälter kondensierbar ist, und das Arbeitsfluid in seinem flüssigen Zustand zu dem Verdampfer förderbar ist.

[0008] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass, wenn der Expansionsbehälter im Vergleich zu dem maximal großen Zylinderraum groß genug dimensioniert ist, eine Kondensation des Arbeitsfluids alleine durch die bei seiner Expansion durch den Joule-Thomson Effekt entstehenden Kälte kondensierbar ist. Daher braucht vorteilhaft eine Entnahme von Wärme aus der Fluidenergiemaschine nicht vorgesehen zu werden, wodurch die Fluidenergiemaschine verbessert ist und der Wirkungsgrad der Fluidenergiemaschine hoch ist. Weil der Expansionsbehälter im Vergleich zu dem Zylinderraum groß ist, übt das Arbeitsfluid bei seiner Expansion von dem Zylinderraum in den Expansionsbehälter zudem eine starke Zugkraft auf den Kolben aus, wodurch der Wirkungsgrad der Fluidenergiemaschine weiter gesteigert wird. Indem der Expansionsbehälter im Wesentlichen adiabatisch ist, wird vorteilhaft unterbunden, dass Umgebungswärme eine erneute Verdampfung des in dem Expansionsbehälters kondensierten Arbeitsfluids verursachen kann oder dass Wärme aus dem Expansionsbehälter entweichen kann. Für den Fall, dass die Kondensation des Arbeitsfluids nicht oder nur teilweise in dem Expansionsbehälter stattfindet, beispielsweise wenn zu Beginn des Betriebs der Fluidenergiemaschine die Wände des Expansionsbehälters eine höhere Temperatur als die Verdampfungstemperatur des Arbeitsfluids haben, sind die Fördereinrichtung, die sowohl das gasförmige als auch das flüssige Arbeitsfluid fördern kann, und der Speicherbehälter, der sowohl das flüssige als auch das gasförmige Arbeitsfluid aufweist, vorgesehen, um das Arbeitsfluid zu kondensieren. Die Fördereinrichtung bewirkt zudem eine Druckerhöhung des Arbeitsfluids von dem Expansionsbehälter zu dem Speicherbehälter.

[0009] Durch das Vorsehen des Speicherbehälters ist es zudem nicht erforderlich, dass die Fördereinrichtung beim Betrieb der Fluidenergiemaschine durchgehend das Arbeitsfluid fördert. Beispielsweise kann die Fluidenergiemaschine derart eingerichtet sein, dass die Fördereinrichtung lediglich bei einem Überschreiten eines Pegels des flüssigen Arbeitsfluids in dem Expansionsbehälter und/oder bei einem Unterschreiten eines Pegels des flüssigen Arbeitsfluids in dem Speicherbehälter das Arbeitsfluid fördert. Dadurch, dass die Fördereinrichtung nicht durchgehend das Arbeitsfluid zu fördern braucht, ist vorteilhaft die Lebensdauer der Fördereinrichtung lang und ihr Stromverbrauch gering, wodurch der Wirkungsgrad der Fluidenergiemaschine hoch ist.

[0010] Es ist bevorzugt, dass die Kolbenmaschine einen ersten Positionssensor, der eingerichtet ist, eine erste Endposition des Kolbens zu detektieren, und einen zweiten Positionssensor aufweist, der eingerichtet ist, eine zweite Endposition des Kolbens zu detektieren, wobei die Fluidenergiemaschine eingerichtet ist, bei Erreichen der ersten Endposition den ersten Zylinderraum fluidleitend mit dem Verdampfer zu verbinden und bei Erreichen der zweiten Endposition fluidleitend mit dem Expansionsbehälter zu verbinden. Zudem ist die Fluidenergiemaschine derart eingerichtet, dass im Betrieb der Fluidenergiemaschine zeitgleich bei Erreichen der ersten Endposition die fluidleitende Verbindung des ersten Zylinderraums mit dem Expansionsgefäß unterbrochen ist und bei Erreichen der zweiten Endposition die fluidleitende Verbindung des ersten Zylinderraums mit dem Verdampfer unterbrochen ist. Bei der ersten Endposition ist der erste Zylinderraum am kleinsten und bei der zweiten Endposition ist der erste Zylinderraum dabei am größten.

[0011] Es ist bevorzugt, dass die Kolbenmaschine einen von dem Kolben begrenzten zweiten Zylinderraum aufweist, der im Betrieb der Fluidenergiemaschine fluidleitend verbunden ist mit dem Verdampfer, wenn der erste Zylinderraum fluidleitend mit dem Expansionsbehälter verbunden ist, und fluidleitend verbunden ist mit dem Expansionsbehälter, wenn der erste Zylinderraum fluidleitend mit dem Verdampfer verbunden ist. Zudem ist die Fluidenergiemaschine derart eingerichtet, dass in ihrem Betrieb die fluidleitende Verbindung des jeweiligen Zylinderraums mit dem Expansionsgefäß unterbrochen ist, wenn der jeweilige Zylinderraum mit Verdampfer fluidleitend verbunden ist, und die fluidleitende Verbindung des jeweiligen Zylinderraums mit dem Verdampfer unterbrochen ist, wenn der jeweilige Zylinderraum mit Expansionsgefäß fluidleitend verbunden ist. Dadurch, dass die Kolbenmaschine zwei Zylinderräume aufweist, die wechselseitig mit dem Verdampfer und dem Expansionsgefäß verbunden sind, ist vorteilhaft eine höhere Leistung der Kolbenmaschine möglich, als wenn sie nur einen einzelnen Zylinderraum aufweist. Zudem ist dadurch vorteilhaft ein kontinuierlicher Betrieb der Fluidenergiemaschine möglich, insbesondere des Verdampfers. Zudem wirken auf den Kolben gleichzeitig die besonders starke Zugkraft aufgrund der Expansion in den Expansionsbehälter und eine Druckkraft aufgrund der aus dem von dem Verdampfer strömenden Arbeitsfluid.

[0012] Es ist bevorzugt, dass die Kolbenmaschine einen ersten Positionssensor, der eingerichtet ist, eine erste Endposition des Kolbens zu detektieren, und einen zweiten Positionssensor aufweist, der eingerichtet ist, eine zweite Endposition des Kolbens zu detektieren, wobei die Fluidenergiemaschine eingerichtet ist, bei Erreichen der ersten Endposition den ersten Zylinderraum fluidleitend mit dem Verdampfer und den zweiten Zylinderraum fluidleitend mit dem Expansionsbehälter zu verbinden und bei Erreichen der zweiten Endposition den ersten Zylinderraum fluidleitend mit dem Expansionsbehälter

und den zweiten Zylinderraum fluidleitend mit dem Verdampfer zu verbinden.

[0013] Die Fluidenergiemaschine weist bevorzugt zwei der Kolbenmaschinen auf und ist derart eingerichtet, den Kolbenzyklus der zweiten Kolbenmaschine um im Wesentlichen ein Viertel der Periode des Kolbenzyklus versetzt zu betreiben zu dem Kolbenzyklus der ersten Kolbenmaschine. Wenn einer der Zylinderräume fluidleitend mit dem Expansionsbehälter verbunden ist, ergibt sich ein im Wesentlichen exponentiell mit der Zeit abfallender Massenstrom des Arbeitsfluids von dem Zylinder Raum zu dem Expansionsbehälter. Dabei ist der Massenstrom am Anfang der fluidleitenden Verbindung am höchsten. Durch das versetzte Betreiben der beiden Kolbenzyklen wird vorteilhaft unterbunden, dass der höchste Massenstrom aus den beiden Kolbenmaschinen nicht zu dem selben Zeitpunkt auftritt. Dadurch wird auch der Expansionsbehälter nicht zu dem selben Zeitpunkt mit dem maximalen Massenstrom beaufschlagt, wodurch die Expansion des Arbeitsfluids mit einem großen Druckabfall verbunden ist und somit vorteilhaft der Wirkungsgrad der Fluidenergiemaschine hoch ist. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass bei Erreichen einer der Endpositionen einer der zwei Kolbenmaschinen ein Massenstrom des Arbeitsfluids in der Fluidenergiemaschine durch die andere der zwei Kolbenmaschinen aufrecht erhalten wird, wodurch ein kontinuierlicher Betrieb der Fluidenergiemaschine erzielt ist.

[0014] Es ist bevorzugt, dass der Verdampfer eingerichtet ist, bei einem Temperaturbereich zum Verdampfen des Arbeitsfluids betrieben zu werden, wobei der Temperaturbereich von einer Temperatur T_1 , die der Verdampfungstemperatur des Arbeitsfluids entspricht, bis zu einer Temperatur $T_1+10^\circ\text{C}$ ist, insbesondere bis zu einer Temperatur $T_1+5^\circ\text{C}$. Dadurch wird eine Überhitzung des Arbeitsfluids in seinem gasförmigen Zustand unterbunden, was dazu führt, dass die Wahrscheinlichkeit, dass das Arbeitsfluid alleine durch seine Expansion in dem Expansionsbehälter kondensiert, hoch ist. Dadurch ist der Anteil an Arbeitsfluid, welches durch die Fördereinrichtung kondensiert werden muss gering, wodurch der Wirkungsgrad der Fluidenergiemaschine hoch ist.

[0015] Es ist bevorzugt, dass die Fluidenergiemaschine einen Kältetauscher aufweist, mittels dem Wärme auf das Arbeitsfluid stromab des Expansionsbehälters und stromauf des Speicherbehälters übertragbar ist. Dadurch verbraucht die Fördereinrichtung weniger Energie, wodurch der Wirkungsgrad der Fluidenergiemaschine hoch ist. Zudem kann die Fluidenergiemaschine zusätzlich zu der mechanischen Energie auch nutzbare Kälte erzeugen. Bevorzugt wird hierbei eine Temperaturregelung vorgesehen, die die Zufuhr von Wärme auf das Arbeitsfluid derart regelt, dass das Arbeitsfluid in dem Kältetauscher eine niedrigere Temperatur als die Verdampfungstemperatur des Arbeitsfluids hat, so dass keine Verdampfung des flüssigen Arbeitsfluids erfolgen kann. Dazu kann beispielsweise ein Kältetauscherdruckmesser

vorgesehen sein, der den Druck des Arbeitsfluids in dem Kältetauscher misst. Aus dem Druck des Arbeitsfluids ist dann dessen Verdampfungstemperatur bestimmbar.

[0016] Bevorzugt weist der Verdampfer einen Hohlraum und eine Düse auf, mittels der das flüssige Arbeitsfluid in den Hohlraum sprühbar ist. Dadurch können vorteilhaft keine Siedeverzüge beim Verdampfen des Arbeitsfluids auftreten, wodurch ein gleichmäßiger Betrieb der Fluidenergiemaschine sicher gestellt ist. Zudem kann vorteilhaft eine schnelle Verdampfung des Arbeitsfluids erfolgen. Die schnelle Verdampfung kann weiterhin beschleunigt werden, wenn die Orientierung der Düse und der Öffnungswinkel des aus der Düse austretenden Arbeitsfluids derart gewählt sind, dass ein möglichst großer Anteil des Arbeitsfluids auf eine Wand des Verdampfers gelangt, via die die Wärme zum Verdampfen des Arbeitsfluids in den Verdampfer gelangt.

[0017] Es ist bevorzugt, dass die Fluidenergiemaschine einen Drucksensor, der eingerichtet ist einen Druck des Arbeitsfluids stromab des Verdampfers und stromauf der Kolbenmaschine zu messen, und ein Regelventil aufweist, das eingerichtet ist den Massenfluss des in den Verdampfer eintretenden Arbeitsfluids so zu regeln, dass der von dem Drucksensor gemessene Druck in einem Solldruckbereich liegt. Durch Erhöhen des Solldruckbereichs kann die von der Kolbenmaschine abzugebende mechanische Arbeit erhöht und durch Erniedrigen des Solldruckbereichs kann die von der Kolbenmaschine abzugebende mechanische Arbeit erniedrigt werden. Dies stellt eine besonders einfache Regelung für die von der Fluidenergiemaschine abzugebende mechanische Energie dar. Beispielsweise kann das Regelventil derart eingerichtet sein, dass das Regelventil einen veränderbaren Öffnungsgrad für das Arbeitsfluid aufweist und der Massenfluss mit dem Öffnungsgrad geregelt wird. Alternativ kann das Regelventil derart eingerichtet sein, dass es zwischen einer Offenstellung, bei der das Arbeitsfluid das Regelventil passieren kann, und zwischen einer Geschlossenstellung, bei der das Arbeitsfluid das Regelventil nicht passieren kann, alterniert und über die Zeitdauer der Offenstellung und der Geschlossenstellung der Massenfluss geregelt wird. Bevorzugt ist das obere Ende des Solldruckbereichs niedriger als 30 bar, besonders bevorzugt niedriger als 20 bar. Dies bewirkt beispielsweise, dass für die Kolbenmaschine und/oder den Expansionsbehälter ein faserverstärkter Kunststoff eingesetzt werden kann, der vorteilhaft leichter als ein Metall ist. Wenn beispielsweise Kohlendioxid für das Arbeitsfluid eingesetzt wird, kann mit der Obergrenze von 30 bar eine Verdampfung des Arbeitsfluids bei einer Temperatur bis zu -5°C erfolgen, bei einer Obergrenze von 20 bar kann eine Verdampfung des Arbeitsfluids bis zu -15°C erfolgen.

[0018] Der Verdampfer ist bevorzugt eingerichtet, in einem in Abhängigkeit des Solldruckbereichs gewählten Temperaturbereich zum Verdampfen des Arbeitsfluids betrieben zu werden, wobei der Temperaturbereich von einer Temperatur T_1 , die der Verdampfungstemperatur

des Arbeitsfluids bei dem oberen Ende des Solldruckbereichs entspricht, bis zu einer Temperatur $T_1+10^{\circ}\text{C}$ ist, insbesondere bis zu einer Temperatur $T_1+5^{\circ}\text{C}$. Dadurch wird eine Überhitzung des Arbeitsfluids in seinem gasförmigen Zustand unterbunden, was dazu führt, dass die Wahrscheinlichkeit, dass das Arbeitsfluid alleine durch seine Expansion in dem Expansionsbehälter kondensiert, hoch ist. Dadurch ist der Anteil an Arbeitsfluid, welches durch die Fördereinrichtung kondensiert werden muss gering, wodurch der Wirkungsgrad der Fluidenergiemaschine hoch ist.

[0019] Es ist bevorzugt, dass das Arbeitsfluid Kohlendioxid, Propan, Butan, R134a und/oder C_5F_{12} ist. Eine Verdampfung dieser Arbeitsfluide kann vorteilhaft bereits bei Umgebungstemperatur erfolgen, selbst im Winter bei niedrigen Minusgraden. Dies bedeutet, dass es ausreichend ist Wärme aus der Umgebung zu entnehmen, um die Verdampfung des Arbeitsfluids zu bewerkstelligen. Dadurch ist es vorteilhaft nicht notwendig fossile Energiequellen zum Betreiben der Fluidenergiemaschine zu verbrennen, wodurch die Fluidenergiemaschine eine gute CO_2 -Bilanz hat. Mit der von der Fluidenergiemaschine erzeugten mechanischen Energie kann beispielsweise ein Generator angetrieben werden, welcher elektrische Energie erzeugt, mittels der dann die Fördereinrichtung angetrieben wird. In diesem Fall würde die Fluidenergiemaschine überhaupt kein CO_2 emittieren. Besonders bevorzugt ist Kohlendioxid. Kohlendioxid ist vorteilhaft ungiftig, nicht brennbar und hat zudem für die Fluidenergiemaschine besonders gute thermodynamische Eigenschaften, wie beispielsweise eine niedrige Verdampfungsenthalpie. Die niedrige Verdampfungsenthalpie führt vorteilhaft zu einem hohen Wirkungsgrad der Fluidenergiemaschine.

[0020] Das dem Arbeitsfluid in dem Expansionsbehälter zur Verfügung stehende Volumen ist erfindungsgemäß mindestens 7 mal so groß ist wie das maximale Volumen des ersten Zylinderraums. Dadurch ist vorteilhaft sichergestellt, dass das Arbeitsfluid durch seine Expansion kondensieren kann. Das dem Arbeitsfluid in dem Expansionsbehälter zur Verfügung stehende Volumen ist bevorzugt mindestens 10 mal so groß ist wie das maximale Volumen des ersten Zylinderraums.

[0021] Es ist bevorzugt, dass die Fördereinrichtung eine Membranpumpe und/oder Kolbenpumpe ist. Dabei ist die Membranpumpe vorteilhaft leise, einfach aufgebaut und kostengünstig zu warten. Die Kolbenpumpe ist dabei günstiger in der Anschaffung als die Membranpumpe.

[0022] Es ist bevorzugt, dass die Kolbenmaschine einen Hydraulikzylinder mit einem Hydraulikkolben aufweist, der von dem Kolben antreibbar ist, wobei der Hydraulikzylinder einen von dem Hydraulikkolben begrenzten ersten Hydraulikzylinderraum aufweist, der mit einem weiteren Arbeitsfluid gefüllt ist, wobei mit dem weiteren Arbeitsfluid ein Hydraulikmotor antreibbar ist und/oder wobei die Fluidenergiemaschine eine Wärmepumpe aufweist und das weitere Arbeitsfluid das Arbeitsfluid der Wärmepumpe ist, wodurch der Hydraulikzylinder ein

Kompressor der Wärmepumpe ist, und/oder wobei das weitere Arbeitsfluid ein Prozessgas ist und die Fluidenergiemaschine eingerichtet ist das Prozessgas für einen Prozess zu komprimieren.

[0023] In dem Fall, dass ein Hydraulikmotor antreibbar ist, ist das weitere Arbeitsfluid eine beliebige Hydraulikflüssigkeit. Die Hydraulikflüssigkeit kann beispielsweise ein Mineralöl aufweisen. Es ist denkbar, dass der Hydraulikkolben einen kleineren Querschnitt als der Querschnitt des Kolbens hat, so dass das weitere Arbeitsfluid im Betrieb der Fluidenergiemaschine einen höheren Druck als das Arbeitsfluid hat. Beispielsweise kann das Verhältnis der Querschnitte derart gewählt sein, dass ein Druck des weiteren Arbeitsfluids von mehr als 100 bar erzeugbar ist. Die Fluidenergiemaschine kann den Hydraulikmotor aufweisen. Mit dem Hydraulikmotor können Benzinmotoren und Dieselmotoren ersetzt werden. Beispielsweise kann mit dem Hydraulikmotor ein Fahrzeugantrieb, ein Schiffsantrieb und/oder ein Generator betrieben werden. Mit dem Generator kann elektrischer Strom erzeugt werden. Der Generator kann zum Einspeisen von Strom an ein Stromnetz elektrisch angeschlossen sein und/oder zum Antreiben der Fördereinrichtung an die Förderanrichtung elektrisch angeschlossen sein. Für den Fall, dass die Fluidenergiemaschine zwei der Kolbenmaschinen aufweist und derart eingerichtet ist, den Kolbenzyklus der zweiten Kolbenmaschine um im Wesentlichen ein Viertel der Periode des Kolbenzyklus versetzt zu betreiben zu dem Kolbenzyklus der ersten Kolbenmaschine, ist vorteilhaft ein Druckabfall der Hydraulikflüssigkeit bei Erreichen einer der Endpositionen der Kolben unterbunden, weil der Druck von dem jeweils anderen Hydraulikkolben aufrecht erhaltbar ist.

[0024] In dem Fall, dass der Hydraulikzylinder der Kompressor der Wärmepumpe ist, kann das weitere Arbeitsfluid ebenfalls Kohlendioxid, Propan, Butan, R134a und/oder C₅F₁₂ sein. Die Wärmepumpe kann zum Kühlen und/oder zum Heizen eingesetzt werden. In dem Fall, dass die von der Wärmepumpe freigesetzte Wärme nicht vollständig zum Heizen eingesetzt wird, kann die Fluidenergiemaschine derart eingerichtet sein, dass die von der Wärmepumpe freigesetzte Wärme zumindest teilweise dem Verdampfer zuführbar ist. Dadurch ist der Wirkungsgrad der Fluidenergiemaschine in dessen Betrieb gesteigert. Auch hier ist es denkbar, dass der Hydraulikkolben einen kleineren Querschnitt als der Kolben hat, so dass das in der Wärmepumpe ein höherer Druck des weiteren Arbeitsfluids als der Druck des Arbeitsfluids erzeugbar ist. Beispielsweise kann das Verhältnis der Querschnitte derart gewählt sein, dass ein Druck des weiteren Arbeitsfluids von mehr als 50 bar erzeugbar ist.

[0025] In dem Fall, dass das weitere Arbeitsfluid ein Prozessgas ist, kann das Prozessgas beispielsweise Luft sein, das mittels der Fluidenergiemaschine zu Druckluft komprimierbar ist. Die Fluidenergiemaschine kann eingerichtet sein, dass die bei dem Komprimieren frei werdende Wärme zumindest teilweise dem Verdampfer zugeführt wird.

[0026] Es ist bevorzugt, dass der Hydraulikmotor einen Eingang und einen Ausgang für das weitere Arbeitsfluid und der Hydraulikzylinder einen von dem Hydraulikkolben begrenzten zweiten Hydraulikzylinderraum aufweist, wobei die Fluidenergiemaschine eingerichtet ist zum Antreiben des Hydraulikmotors den ersten Hydraulikzylinderraum abwechselnd mit dem Eingang und dem Ausgang fluidleitend zu verbinden und den zweiten Hydraulikzylinderraum fluidleitend mit dem Ausgang zu verbinden, wenn der erste Hydraulikzylinderraum mit dem Eingang verbunden ist, sowie fluidleitend mit dem Eingang zu verbinden, wenn der erste Hydraulikzylinder mit dem Ausgang verbunden ist. Dadurch ist mit dem Hydraulikzylinder vorteilhaft eine höhere Leistung erreichbar als es mit einem Hydraulikzylinder mit lediglich einem einzelnen Hydraulikzylinderraum der Fall wäre.

[0027] Der Kolben und der Hydraulikkolben haben bevorzugt eine gemeinsame Kolbenstange. Dadurch ist vorteilhaft ein kompakter Aufbau der Kolbenmaschine erreicht.

[0028] Im Folgenden werden zwei bevorzugte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Fluidenergiemaschine anhand der beigefügten schematischen Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine erste Ausführungsform und

Figur 2 eine zweite Ausführungsform.

[0029] Wie es aus Figuren 1 und 2 ersichtlich ist, weist eine Fluidenergiemaschine 1 gemäß der ersten und zweiten Ausführungsform einen Fluidkreislauf 3 auf, in dem ein Arbeitsfluid zirkulierbar ist. Das Arbeitsfluid kann Kohlendioxid, Propan, Butan, R134a und/oder C₅F₁₂ sein.

[0030] Der Fluidkreislauf 3 weist einen Verdampfer 10 auf, in dem das Arbeitsfluid unter Zufuhr von Wärme von seinem flüssigen Zustand in seinen gasförmigen Zustand überführbar ist. Weiterhin weist der Fluidkreislauf 3 einen im Wesentlichen adiabatischen Expansionsbehälter 6 auf. Zudem weist der Fluidkreislauf 3 eine erste Kolbenmaschine 84 mit einem ersten Kolben 14 und eine zweite Kolbenmaschine 85 mit einem zweiten Kolben 15 auf, wobei die erste Kolbenmaschine 84 und zweite Kolbenmaschine 85 im Wesentlichen baugleich sind.

[0031] Die erste Kolbenmaschine 84 weist einen von dem Kolben 14 begrenzten ersten Zylinderraum 37 und einen von dem Kolben 14 begrenzten zweiten Zylinderraum 38 auf. Die zweite Kolbenmaschine 85 weist einen von dem Kolben 15 begrenzten ersten Zylinderraum 39 und einen von dem Kolben 15 begrenzten zweiten Zylinderraum 40 auf. Jeder der Zylinderräume 37 bis 40 ist im Betrieb der Fluidenergiemaschine 1 abwechselnd fluidleitend verbunden mit dem Verdampfer 10, wodurch der jeweilige Zylinderraum 37 bis 40 sich durch Verschieben des zugehörigen Kolbens 14, 15 vergrößert, und dem Expansionsbehälter 6, wodurch der jeweilige Zylinderraum 37 bis 40 sich durch Verschieben des zugehö-

rigen Kolbens 14, 15 verkleinert. Die zweiten Zylinderräume 38, 40 sind im Betrieb der Fluidenergiemaschine 1 fluidleitend verbunden mit dem Verdampfer 10, wenn die zu der gleichen Kolbenmaschine 84, 85 gehörigen ersten Zylinderräume 37, 39 fluidleitend mit dem Expansionsbehälter 6 verbunden sind, und fluidleitend verbunden mit dem Expansionsbehälter 6, wenn die zu der gleichen Kolbenmaschine 84, 85 gehörigen ersten Zylinderräume 37, 39 fluidleitend mit dem Verdampfer 10 verbunden sind.

[0032] Der Fluidkreislauf 3 weist einen Speicherbehälter 9 auf, der fluidleitend mit dem Verdampfer 10 und mit dem Expansionsbehälter 6 verbunden ist. Weiterhin weist der Fluidkreislauf 3 eine Fördereinrichtung 8 auf, die eingerichtet ist das Arbeitsfluid sowohl in seinem gasförmigen Zustand als auch in seinem flüssigen Zustand von dem Expansionsbehälter 6 zu dem Speicherbehälter 9 zu fördern. Die Fördereinrichtung 8 kann beispielsweise eine Membranpumpe und/oder Kolbenpumpe sein.

[0033] Der Expansionsbehälter 6 ist im Vergleich zu dem Zylinderraum 37, 39 derart dimensioniert, dass das Arbeitsfluid durch die Expansion des gasförmigen Fluids in dem Expansionsbehälter 6 kondensierbar ist. Dazu ist das dem Arbeitsfluid in dem Expansionsbehälter 6 zur Verfügung stehende Volumen mindestens 7 mal, insbesondere mindestens 10 mal, so groß ist wie das maximale Volumen des ersten Zylinderraums 37 der ersten Kolbenmaschine 84 beziehungsweise des ersten Zylinderraums 39 der zweiten Kolbenmaschine 85.

[0034] In dem Speicherbehälter 7 liegt das Arbeitsfluid sowohl in seinem gasförmigen als auch in seinem flüssigen Zustand vor, so dass das Arbeitsfluid in dem Fall, dass es nicht im Expansionsbehälter 6 kondensiert, in dem Speicherbehälter 9 kondensierbar ist und zwar indem es von der Fördereinrichtung 8 in den Speicherbehälter 9 gefördert wird. Das Arbeitsfluid ist in seinem flüssigen Zustand von dem Speicherbehälter 9 zu dem Verdampfer 10 förderbar.

[0035] Die erste Kolbenmaschine 84 weist einen ersten Positionssensor 57, der eingerichtet ist, eine erste Endposition des Kolbens 14 zu detektieren, und einen zweiten Positionssensor 58 auf, der eingerichtet ist, eine zweite Endposition des Kolbens 14 zu detektieren. Die zweite Kolbenmaschine 85 weist einen ersten Positionssensor 59, der eingerichtet ist, eine erste Endposition des Kolbens 15 zu detektieren, und einen zweiten Positionssensor 60 auf, der eingerichtet ist, eine zweite Endposition des Kolbens 15 zu detektieren. Die Fluidenergiemaschine 1 ist eingerichtet, bei Erreichen der ersten Endpositionen den zugehörigen ersten Zylinderraum 37, 39 fluidleitend mit dem Verdampfer 10 und den zugehörigen zweiten Zylinderraum 38, 40 fluidleitend mit dem Expansionsbehälter 6 zu verbinden und bei Erreichen der zweiten Endpositionen den zugehörigen ersten Zylinderraum 37, 39 fluidleitend mit dem Expansionsbehälter 6 und den zugehörigen zweiten Zylinderraum 38, 40 fluidleitend mit dem Verdampfer 10 zu verbinden.

[0036] Dazu weist die Fluidenergiemaschine 1 ein ers-

tes Fluidumschaltorgan 35 für die erste Kolbenmaschine 84 und ein zweites Fluidumschaltorgan 36 für die zweite Kolbenmaschine 85 auf. Die Fluidenergiemaschine 1 weist eine erste Fluidzylinderleitung 68, die den ersten Zylinderraum 37 der ersten Kolbenmaschine 84 mit dem ersten Fluidumschaltorgan 35 fluidleitend verbindet, und eine zweite Fluidzylinderleitung 69 auf, die den zweiten Zylinderraum 38 der ersten Kolbenmaschine 84 mit dem ersten Fluidumschaltorgan 35 fluidleitend verbindet. Die Fluidenergiemaschine 1 weist eine erste Fluidzylinderleitung 70, die den ersten Zylinderraum 39 der zweiten Kolbenmaschine 85 mit dem zweiten Fluidumschaltorgan 36 fluidleitend verbindet, und eine zweite Fluidzylinderleitung 71 auf, die den zweiten Zylinderraum 40 der zweiten Kolbenmaschine 85 mit dem zweiten Fluidumschaltorgan 36 fluidleitend verbindet. Die Fluidenergiemaschine 1 weist eine erste Fluidzylinderzuleitung 66, die den Verdampfer 10 fluidleitend mit dem ersten Fluidumschaltorgan 35 verbindet, und eine zweite Fluidzylinderzuleitung 67 auf, die den Verdampfer 10 fluidleitend mit dem zweiten Fluidumschaltorgan 36 verbindet. Dazu sind die Fluidzylinderzuleitungen 66, 67 an einen Fluidverteiler 33 angeschlossen, der mittels einer Leitung 65 fluidleitend mit dem Verdampfer 10 verbunden ist. Schließlich weist die Fluidenergiemaschine 1 eine erste Fluidzylinderableitung 72, die das erste Fluidumschaltorgan 35 fluidleitend mit dem Expansionsgefäß 6 verbindet, und eine zweite Fluidzylinderableitung 73 auf, die das zweite Fluidumschaltorgan 36 fluidleitend mit dem Expansionsgefäß 6 verbindet.

[0037] Die Fluidenergiemaschine 1 ist eingerichtet mittels des ersten Umschaltorgans 35 bei Erreichen der ersten Endposition des Kolbens 14 die erste Fluidzylinderleitung 68 mit der ersten Fluidzylinderzuleitung 66 und die zweite Fluidzylinderleitung 69 mit der ersten Fluidzylinderableitung 72 sowie bei Erreichen der zweiten Endposition des Kolbens 14 die erste Fluidzylinderleitung 68 mit der ersten Fluidzylinderableitung 72 und die zweite Fluidzylinderleitung 69 mit der ersten Fluidzylinderzuleitung 66 fluidleitend zu verbinden. Analog ist die Fluidenergiemaschine 1 eingerichtet mittels des zweiten Umschaltorgans 36 bei Erreichen der ersten Endposition des Kolbens 15 die erste Fluidzylinderleitung 70 mit der zweiten Fluidzylinderzuleitung 67 und die zweite Fluidzylinderleitung 71 mit der zweiten Fluidzylinderableitung 73 sowie bei Erreichen der zweiten Endposition des Kolbens 15 die erste Fluidzylinderleitung 70 mit der zweiten Fluidzylinderableitung 73 und die zweite Fluidzylinderleitung 71 mit der zweiten Fluidzylinderzuleitung 67 fluidleitend zu verbinden.

[0038] Die Fluidenergiemaschine 1 ist derart eingerichtet ist, den Kolbenzyklus der zweiten Kolbenmaschine 85 um im Wesentlichen ein Viertel der Periode des Kolbenzyklus versetzt zu betreiben zu dem Kolbenzyklus der ersten Kolbenmaschine 84. Figuren 1 und 2 zeigen den Fall, dass die zweite Kolbenmaschine 85 der ersten Kolbenmaschine 1 voraus eilt.

[0039] Figuren 1 und 2 zeigen, dass die Fluidenergie-

maschine 1 einen Kältetauscher 7 aufweist, mittels dem Wärme auf das Arbeitsfluid stromab des Expansionsbehälters 6 und stromauf des Speicherbehälters 9 übertragbar ist. Dazu weist die Fluidenergiemaschine 1 eine Leitung 61 auf, die den Expansionsbehälter 6 fluidleitend mit dem Kältetauscher 7 verbindet. Die Leitung 61 kann an ein sich im Inneren des Expansionsbehälters 6 befindendes Steigrohr oder an dem unteren Ende des Expansionsbehälters 6 angeschlossen sein, um das Arbeitsfluid in seinem flüssigen Zustand zu dem Kältetauscher 7 zu leiten. Die Fördereinrichtung 8 ist stromab des Expansionsbehälters 6 und stromauf des Kältetauschers 7 angeordnet. Ein Rückschlagventil 111 ist stromab der Fördereinrichtung 8 und stromauf des Kältetauschers 7 vorgesehen. Eine Leitung 62 verbindet die Fördereinrichtung 8 fluidleitend mit dem Speichergefäß 9. Der Kältetauscher 7 weist einen Kühlkreislauf 23 zum Zirkulieren eines Kühlmediums mit einem Kühlkreislaufvorlauf 24 und einem Kühlkreislaufnachlauf 25 auf. Im Betrieb der Fluidenergiemaschine 1 ist Wärme von dem Kühlmedium auf das Arbeitsfluid übertragbar. Das Kühlmedium kann beispielsweise Wasser aufweisen, oder, wenn das Kühlmedium Temperaturen von weniger als 0°C annehmen soll, beispielsweise Salzwasser und/oder ein Frostschutzmittel, wie beispielsweise Ethanol. Es ist jedoch auch denkbar, den Kältetauscher 7 gemäß Figur 1 nicht vorzusehen, um dadurch den Wirkungsgrad der Fluidenergiemaschine 1 zu steigern.

[0040] Die Temperatur des Kühlmediums kann mittels einer Regelung derart geregelt sein, dass keine Verdampfung des Arbeitsfluids in dem Kältetauscher 7 erfolgt. Dazu kann beispielsweise ein Kältetauscherdruckmesser vorgesehen sein, der eingerichtet ist den Druck des Arbeitsfluids in dem Kältetauscher zu messen. Aus dem Druck des Arbeitsfluids ist dann seine Verdampfungstemperatur bestimmbar, so dass die Temperatur des Arbeitsfluids derart regelbar ist, dass keine Verdampfung des Arbeitsfluids in dem Kältetauscher 7 erfolgt.

[0041] In dem Speicherbehälter 9 liegt das Arbeitsfluid sowohl in seinem gasförmigen als auch in seinem flüssigen Zustand vor, so dass im oberen Bereich des Speicherbehälters 9 sich eine Gasphase 27 des Arbeitsfluids und dass im unteren Bereich des Speicherbehälters 9 sich eine Flüssigkeitsphase 28 des Arbeitsfluids befindet. Um das Arbeitsfluid in seinem flüssigen Zustand zu dem Verdampfer 10 zu fördern, weist der Speicherbehälter 9 ein Steigrohr 26 auf, dessen unteres Ende in die Flüssigkeitsphase 28 eintaucht. Mittels einer Leitung 64 ist der Verdampfer 10 fluidleitend mit dem Steigrohr 26 verbunden. Alternativ zu dem Steigrohr 26 und der Leitung 64 kann eine Leitung am unteren Ende des Speicherbehälters 9 vorgesehen sein, die den Speicherbehälter 9 fluidleitend mit dem Verdampfer 10 verbindet. Abzweigend von der Leitung 64 ist ein Füllstationsanschluss 29 vorgesehen, via den das Arbeitsfluid in den Fluidkreislauf 3 einfüllbar ist. Der Füllstationsanschluss 29 weist ein Absperrventil 97 auf, mittels

dem der Fluidkreislauf 3 zum Einfüllen des Arbeitsfluids geöffnet werden kann.

[0042] Wie es aus Figuren 1 und 2 ersichtlich ist, weist der Verdampfer 10 einen Hohlraum 86 und eine Düse 11 auf, mittels der das flüssige Arbeitsfluid in den Hohlraum 86 sprühbar ist. Die Düse 11 kann beispielsweise die Düse eines Ölbrenners sein. Die Düse kann beispielsweise bis 20 bar betreibbar sein. Der Hohlraum 86 hat im Wesentlichen die Form eines Zylinders, wobei die Düse 11 auf der Achse Zylinders angeordnet und ihre Richtung orientiert ist. Die Düse 11 kann eingerichtet sein, das Arbeitsfluid im Wesentlichen in Form eines Kegelmantels zu sprühen, wobei die Achse des Kegelmantels und die Achse des Zylinders zusammenfallen. Der Öffnungswinkel des Kegelmantels kann beispielsweise von 50° bis 80° sein, wodurch das Arbeitsfluid auf die Innenwand des Zylinders trifft und somit schnell verdampfen kann.

[0043] Der Verdampfer 10 weist einen Heizungskreislauf 51 zum Zirkulieren eines Heizmediums mit einem Heizungskreislaufvorlauf 52 und einen Heizungskreislaufnachlauf 53 auf. Mittels des Heizungskreislaufs 51 ist die Wärme zum Verdampfen des Arbeitsfluid dem Verdampfer 10 zuführbar und zwar indem Wärme von dem Heizmedium auf das Arbeitsfluid übertragen wird. Bei der Verwendung von Kohlendioxid für das Arbeitsfluid kann der Heizungskreislauf 51 an jegliche Wärmequelle bis zu einer Mindesttemperatur von -20°C angeschlossen sein. Beispielsweise kann die Umgebung, die Abwärme einer Maschine und/oder Prozesswärme als die Wärmequelle verwendet werden. Der Heizungskreislauf 51 kann beispielsweise an thermische Solaranlage oder an eine Klimaanlage angeschlossen sein, die die zum Verdampfen erforderliche Wärme liefern. Das Heizmedium kann beispielsweise Wasser sein.

[0044] Die Fluidenergiemaschine 1 weist einen Drucksensor 32, der eingerichtet ist einen Druck des Arbeitsfluids stromab des Verdampfers 10 und stromauf der Kolbenmaschine 84, 85 zu messen, und ein Regelventil 31 auf, das eingerichtet ist den Massenfluss des in den Verdampfer 10 eintretenden Arbeitsfluids so zu regeln, dass der von dem Drucksensor 32 gemessene Druck in einem Solldruckbereich liegt. Gemäß Figuren 1 und 2 ist der Drucksensor 32 eingerichtet, den Druck in der Leitung 65 zu messen. Der Verdampfer 10 ist eingerichtet, bei einem in Abhängigkeit des Solldruckbereichs gewählten Temperaturbereich zum Verdampfen des Arbeitsfluids betrieben zu werden, wobei der Temperaturbereich von einer Temperatur T_1 , die der Verdampfungstemperatur des Arbeitsfluids bei dem oberen Ende des Solldruckbereichs entspricht, bis zu einer Temperatur $T_1 + 10^\circ\text{C}$ ist, insbesondere bis zu einer Temperatur $T_1 + 5^\circ\text{C}$.

[0045] Wie es aus der Figur 1 ersichtlich ist, weist die erste Ausführungsform einen Hydraulikkreislauf 5 auf, der eingerichtet ist die von den Kolbenmaschinen 84, 85 freisetzbare mechanische Energie durch Zirkulieren einer Hydraulikflüssigkeit zum Antreiben eines Hydraulikmotors 20 einzusetzen. Gemäß Figur 1 weist die Fluid-

energiemaschine 1 eine Fluidseite 2 auf, die den Hydraulikkreislauf 3 aufweist und in der die mechanische Energie erzeugt wird. Weiterhin weist die Fluidenergiemaschine 1 eine Hydraulikseite 4 auf, die den Hydraulikkreislauf 5 aufweist und in der die mechanische Energie zum Antreiben des Hydraulikmotors 20 eingesetzt wird.

[0046] Die erste Kolbenmaschine 84 weist einen ersten Fluidzylinder 12, in der der erste Kolben 14 verschiebbar gelagert ist, und einen ersten Hydraulikzylinder 16 auf, in der ein erster Hydraulikkolben 18 verschiebbar gelagert ist. Der erste Kolben 14 und der erste Hydraulikkolben 18 haben eine gemeinsame erste Kolbenstange 89, so dass der erste Hydraulikkolben 18 von dem ersten Kolben 14 antreibbar ist. Die erste Kolbenmaschine 84 weist eine erste Trennwand 126 zwischen dem ersten Fluidzylinder 12 und dem ersten Hydraulikzylinder 16 auf. Die erste Trennwand 126 weist ein Loch auf, durch das die erste Kolbenstange 89 geführt ist. Analog dazu weist die zweite Kolbenmaschine 85 einen zweiten Fluidzylinder 13, in der der zweite Kolben 15 verschiebbar gelagert ist, und einen zweiten Hydraulikzylinder 17 auf, in der ein zweiter Hydraulikkolben 19 verschiebbar gelagert ist. Der zweite Kolben 15 und der zweite Hydraulikkolben 19 haben eine gemeinsame zweite Kolbenstange 90, so dass der zweite Hydraulikkolben 19 von dem zweiten Kolben 15 antreibbar ist. Die zweite Kolbenmaschine 85 weist eine zweite Trennwand 127 zwischen dem zweiten Fluidzylinder 13 und dem zweiten Hydraulikzylinder 17 auf. Die zweite Trennwand 127 weist ein Loch auf, durch das die zweite Kolbenstange 90 geführt ist. Der erste und zweite Hydraulikkolben 18, 19 haben einen kleineren Querschnitt als der Querschnitt des ersten und zweiten Fluidkolbens 14, 15, so dass in dem Hydraulikkreislauf 5 ein höherer Druck als in dem Fluidkreislauf 3 erzeugbar ist. Beispielsweise kann das Verhältnis der Querschnitte derart gewählt sein, dass in dem Fluidkreislauf 5 ein Druck von mehr als 120 bar erzeugbar ist.

[0047] Der erste Hydraulikzylinder 16 weist einen ersten Hydraulikzylinderraum 41 und einen zweiten Hydraulikzylinderraum 42 auf, die jeweils von dem ersten Hydraulikkolben 18 begrenzt sind. Analog dazu weist der zweite Hydraulikzylinder 17 einen ersten Hydraulikzylinderraum 43 und einen zweiten Hydraulikzylinderraum 44 auf, die jeweils von dem zweiten Hydraulikkolben 19 begrenzt sind.

[0048] Zum Antreiben des Hydraulikmotors 20 weist dieser einen Eingang 87 und einen Ausgang 88 für die Hydraulikflüssigkeit auf. Die Fluidenergiemaschine 1 ist eingerichtet zum Antreiben des Hydraulikmotors 20 die zwei ersten Hydraulikzylinderräume 41, 43 abwechselnd mit dem Eingang 87 und dem Ausgang 88 fluidleitend zu verbinden und die zwei zweiten Hydraulikzylinderräume 42, 44 fluidleitend mit dem Ausgang 88 zu verbinden, wenn die zwei ersten Hydraulikzylinderräume 41, 43 mit dem Eingang 87 verbunden sind, sowie fluidleitend mit dem Eingang 87 zu verbinden, wenn die zwei ersten Hydraulikzylinderräume 41, 43 mit dem Ausgang 88 ver-

bunden sind.

[0049] Dazu weist die Fluidenergiemaschine 1 ein erstes Hydraulikumschaltorgan 45 für die erste Kolbenmaschine 84 und ein zweites Hydraulikumschaltorgan 46 für die zweite Kolbenmaschine 85 auf. Die Fluidenergiemaschine 1 weist eine erste Hydraulikzylinderleitung 74, die den ersten Hydraulikzylinderraum 41 der ersten Kolbenmaschine 84 mit dem ersten Hydraulikumschaltorgan 45 fluidleitend verbindet, und eine zweite Hydraulikzylinderleitung 75 auf, die den zweiten Hydraulikzylinderraum 42 der ersten Kolbenmaschine 84 mit dem ersten Hydraulikumschaltorgan 45 fluidleitend verbindet. Die Fluidenergiemaschine 1 weist eine erste Hydraulikzylinderleitung 76, die den ersten Zylinderraum 43 der zweiten Kolbenmaschine 85 mit dem zweiten Hydraulikumschaltorgan 46 fluidleitend verbindet, und eine zweite Hydraulikzylinderleitung 77 auf, die den zweiten Hydraulikzylinderraum 44 der zweiten Kolbenmaschine 85 mit dem zweiten Hydraulikumschaltorgan 46 fluidleitend verbindet. Die Fluidenergiemaschine 1 weist eine erste Hydraulikzylinderzuleitung 78, die den Ausgang 88 fluidleitend mit dem ersten Hydraulikumschaltorgan 45 verbindet, und eine zweite Hydraulikzylinderzuleitung 79 auf, die den Ausgang 88 fluidleitend mit dem zweiten Hydraulikumschaltorgan 46 verbindet. Dazu sind die Hydraulikzylinderzuleitungen 78, 79 an einen ersten Hydraulikverteiler 55 angeschlossen, der mittels einer Motorableitung 83 fluidleitend mit dem Ausgang 88 verbunden ist. Schließlich weist die Fluidenergiemaschine 1 eine erste Hydraulikzylinderableitung 80, die das erste Hydraulikumschaltorgan 45 fluidleitend mit dem Eingang 87 verbindet, und eine zweite Hydraulikzylinderableitung 81 auf, die das zweite Hydraulikumschaltorgan 46 fluidleitend mit dem Eingang 87 verbindet. Dazu sind die Hydraulikzylinderableitungen 80, 81 an einen zweiten Hydraulikverteiler 56 angeschlossen, der mittels einer Motorzuleitung 82 fluidleitend mit dem Eingang 87 verbunden ist.

[0050] Die Fluidenergiemaschine 1 ist eingerichtet mittels des ersten Hydraulikumschaltorgans 45 bei Erreichen der ersten Endposition des Kolbens 14 die erste Hydraulikzylinderleitung 74 mit der ersten Hydraulikzylinderzuleitung 78 und die zweite Hydraulikzylinderleitung 75 mit der ersten Hydraulikzylinderableitung 80 sowie bei Erreichen der zweiten Endposition des Kolbens 14 die erste Hydraulikzylinderleitung 74 mit der ersten Hydraulikzylinderableitung 80 und die zweite Hydraulikzylinderleitung 75 mit der ersten Hydraulikzylinderzuleitung 78 fluidleitend zu verbinden. Analog ist die Fluidenergiemaschine 1 eingerichtet mittels des zweiten Hydraulikumschaltorgans 46 bei Erreichen der ersten Endposition des Kolbens 15 die erste Hydraulikzylinderleitung 76 mit der zweiten Hydraulikzylinderzuleitung 79 und die zweite Hydraulikzylinderleitung 77 mit der zweiten Hydraulikzylinderableitung 81 sowie bei Erreichen der zweiten Endposition des Kolbens 15 die erste Hydraulikzylinderleitung 76 mit der zweiten Hydraulikzylinderableitung 81 und die zweite Hydraulikzylinderleitung 77 mit der zweiten Hydraulikzylinderzuleitung 79 fluidleitend zu verbinden.

77 mit der zweiten Hydraulikzylinderzuleitung 79 fluidleitend zu verbinden.

[0051] Die Fluidenergiemaschine 1 weist in der Motorzuleitung 82 ein Hydraulikregelventil 54 auf, mittels dem die von dem Hydraulikmotor 20 abzugebende Leistung einstellbar ist. Beispielsweise kann die Einstellung der Leistung über einen Öffnungsgrad für die das Hydraulikregelventil 54 zu passierende Hydraulikflüssigkeit erfolgen. Weiterhin bewirkt das Hydraulikregelventil 54, dass der Hydraulikmotor 20 bei einer eingestellten Leistung mit einem konstanten Druck beaufschlagt wird.

[0052] Beim Einfahren und beim Ausfahren der Hydraulikkolben 18, 19 wird in dem Hydraulikkreislauf 4 ein unterschiedlicher Druck aufgebaut, weil aufgrund der zwei Kolbenstangen 89, 90 die aktive Fläche der Hydraulikkolben 18, 19 unterschiedlich ist. Deshalb weist der Hydraulikkreislauf 4 einen Hydraulikspeicher 22 auf, beispielsweise ein Membranspeicher und/oder ein Kolbenspeicher, mit dem der Druck beim Einfahren und beim Ausfahren konstant gehalten wird. Der Hydraulikspeicher 22 ist fluidleitend mit dem zweiten Hydraulikverteiler 56 verbunden.

[0053] Wie es auf Figur 1 ersichtlich ist, weist die Fluidenergiemaschine 1 ein Getriebe 48 und einen Generator 21 auf, der von dem Hydraulikmotor 20 via das Getriebe 48 zum Erzeugen von elektrischem Strom antreibbar ist. Es ist denkbar, die Fördereinrichtung 8 elektrisch an den Generator 21 anzuschließen, um mit dem Generator 21 die Fördereinrichtung 8 anzutreiben.

[0054] Zudem weist die Fluidenergiemaschine 1 an verschiedenen Stellen Absperrventile 91 bis 96 und 98 bis 108 auf, mit denen einzelne Komponenten der Fluidenergiemaschine 1 für Wartungszwecke abgetrennt werden können. Weiterhin weist die Fluidenergiemaschine 1 an verschiedenen Stellen Rückschlagventile 109 bis 114 auf, die eine Umkehr der Strömung des Arbeitsfluids unterbinden. Die Fluidenergiemaschine 1 weist einen ersten Druckmesser 30, mittels dem der Druck des Arbeitsfluids stromab dem Speicherbehälter 9 und stromauf dem Verdampfer 10 messbar ist, und einen zweiten Druckmesser 34 auf, mittels dem der Druck des Arbeitsfluids stromab dem Verdampfer 10 und stromauf der zwei Kolbenmaschinen 84, 85 messbar ist. Weiterhin weist die Fluidenergiemaschine 1 einen ersten Hydraulikdruckmesser 49, mittels dem der Druck stromab der zwei Kolbenmaschinen 84, 85 und stromauf dem Eingang 87 messbar ist, und einen zweiten Hydraulikdruckmesser 50 auf, mittels dem der Druck stromab des Ausgangs 88 und stromauf der zwei Kolbenmaschinen 84, 85 messbar ist.

[0055] Wie es aus Figur 2 ersichtlich ist, unterscheidet sich die zweite Ausführungsform von der ersten Ausführungsform dahingehend, dass kein Kältetauscher 7 vorgesehen ist und dass die Fluidenergiemaschine 1 eine Wärmepumpe 128 mit einem weiteren Arbeitsfluid aufweist. Das weitere Arbeitsfluid ist beispielsweise Kohlendioxid, Propan, Butan, R134a und/oder C₅F₁₂. Die Wärmepumpe weist einen Kondensator 115, in dem das wei-

tere Arbeitsfluid unter Abfuhr von Wärme mittels eines weiteren Kühlkreislaufts 130 kondensierbar ist, eine Drossel 116, und einen Verdampfer 117 auf, in dem das weitere Arbeitsfluid unter Zufuhr von Wärme mittels eines weiteren Heizkreislaufts 129 verdampfbar ist. Der Hydraulikzylinder 17 ist eingerichtet das Arbeitsfluid von dem Verdampfer 117 zu dem Kondensator 115 zu fördern. Der Verdampfer 117 ist fluidleitend mit der Drossel 116 und die Drossel ist fluidleitend mit dem Verdampfer 121 verbunden. Via ein Absperrventil 120 kann das weitere Arbeitsfluid in die Wärmepumpe gefüllt werden. Beispielsweise kann das Verhältnis des Querschnitts des zweiten Hydraulikkolbens 19 zu dem zweiten Fluidkolben 15 derart gewählt sein, dass in dem Kreislauf der Wärmepumpe 128 ein Druck von mehr als 50 bar erzeugbar ist.

[0056] Die Wärmepumpe 128 kann Absperrventile 118 bis 122 aufweisen, um einzelne Komponenten der Wärmepumpe 128 abzutrennen. Die Wärmepumpe 128 weist einen dritten Druckmesser 128, der eingerichtet ist den Druck des Arbeitsfluids stromab des Kondensators 115 und stromauf der Drossel 116 zu messen, und einen vierten Druckmesser 125 auf, der eingerichtet ist den Druck des Arbeitsfluids stromab der Drossel 116 und stromauf des Verdampfers 117 zu messen. Mit den dritten und vierten Druckmesser 124, 125 kann der Druckabfall über die Drossel gemessen werden.

[0057] Die Fluidenergiemaschine 1 weist weiterhin ein erstes Absperrorgan 131, beispielsweise ein Magnetventil, in der ersten Fluidzylinderzuleitung 66 und ein zweites Absperrorgan 132, beispielsweise ein Magnetventil, in der zweiten Fluidzylinderzuleitung 67 auf. Damit können der Hydraulikkreislauf 5 und die Wärmepumpe 128 unabhängig voneinander angeschaltet und ausgeschaltet werden.

Bezugszeichenliste

[0058]

1	Fluidenergiemaschine
2	Fluidseite
3	Fluidkreislauf
4	Hydraulikseite
5	Hydraulikkreislauf
6	Expansionsbehälter
7	Kältetauscher
8	Fördereinrichtung
9	Speicherbehälter
10	Verdampfer
11	Düse
12	erster Fluidzylinder
13	zweiter Fluidzylinder
14	erster Kolben
15	zweiter Kolben
16	erster Hydraulikzylinder
17	zweiter Hydraulikzylinder
18	erster Hydraulikkolben

19 zweiter Hydraulikkolben
 20 Hydraulikmotor
 21 Generator
 22 Hydraulikspeicher
 23 Kühlkreislauf
 24 Kühlkreislaufvorlauf
 25 Kühlkreislaufnachlauf
 26 Steigrohr
 27 Gasphase
 28 Flüssigkeitsphase
 29 Füllstationsanschluss
 30 erster Druckmesser
 31 Regelventil
 32 Drucksensor
 33 Fluidverteiler
 34 zweiter Druckmesser
 35 erstes Fluidumschaltorgan
 36 zweites Fluidumschaltorgan
 37 erster Zylinderraum
 38 zweiter Zylinderraum
 39 erster Zylinderraum
 40 zweiter Zylinderraum
 41 erster Hydraulikzylinderraum
 42 zweiter Hydraulikzylinderraum
 43 erster Hydraulikzylinderraum
 44 zweiter Hydraulikzylinderraum
 45 erstes Hydraulikumschaltorgan
 46 zweites Hydraulikumschaltorgan
 48 Getriebe
 49 erster Hydraulikdruckmesser
 50 zweiter Hydraulikdruckmesser
 51 Heizungskreislauf
 52 Heizungskreislaufvorlauf
 53 Heizungskreislaufnachlauf
 54 Hydraulikregelventil
 55 erster Hydraulikverteiler
 56 zweiter Hydraulikverteiler
 57 erster Positionssensor
 58 zweiter Positionssensor
 59 erster Positionssensor
 60 zweiter Positionssensor
 61 Leitung
 62 Leitung
 63 Leitung
 64 Leitung
 65 Leitung
 66 erste Fluidzylinderzuleitung
 67 zweite Fluidzylinderzuleitung
 68 erste Fluidzylinderleitung
 69 zweite Fluidzylinderleitung
 70 erste Fluidzylinderleitung
 71 zweite Fluidzylinderleitung
 72 erste Fluidzylinderableitung
 73 zweite Fluidzylinderableitung
 74 erste Hydraulikzylinderleitung
 75 zweite Hydraulikzylinderleitung
 76 erste Hydraulikzylinderleitung
 77 zweite Hydraulikzylinderleitung

78 erste Hydraulikzylinderzuleitung
 79 zweite Hydraulikzylinderzuleitung
 80 erste Hydraulikzylinderableitung
 81 zweite Hydraulikzylinderableitung
 5 82 Motorzuleitung
 83 Motorableitung
 84 erste Kolbenmaschine
 85 zweite Kolbenmaschine
 86 Hohlraum
 10 87 Eingang
 88 Ausgang
 89 erste Kolbenstange
 90 zweite Kolbenstange
 91 Absperrventil
 15 92 Absperrventil
 93 Absperrventil
 94 Absperrventil
 95 Absperrventil
 96 Absperrventil
 20 97 Absperrventil
 98 Absperrventil
 99 Absperrventil
 100 Absperrventil
 101 Absperrventil
 25 102 Absperrventil
 103 Absperrventil
 104 Absperrventil
 105 Absperrventil
 106 Absperrventil
 30 107 Absperrventil
 108 Absperrventil
 109 Rückschlagventil
 110 Rückschlagventil
 111 Rückschlagventil
 35 112 Rückschlagventil
 113 Rückschlagventil
 114 Rückschlagventil
 115 Kondensator
 116 Drossel
 40 117 Verdampfer
 118 Absperrventil
 119 Absperrventil
 120 Absperrventil
 121 Absperrventil
 45 122 Absperrventil
 123 Rückschlagventil
 124 dritter Druckmesser
 125 vierter Druckmesser
 126 erste Trennwand
 50 127 zweite Trennwand
 128 Wärmepumpe
 129 weiterer Heizkreislauf
 130 weiterer Kühlkreislauf
 131 erstes Absperrorgan
 55 132 zweites Absperrorgan

Patentansprüche

1. Fluidenergiemaschine mit einem Arbeitsfluid, einem Verdampfer (10), in dem das Arbeitsfluid unter Zufuhr von Wärme von seinem flüssigen Zustand in seinen gasförmigen Zustand überführbar ist, einem im Wesentlichen adiabatischen Expansionsbehälter (6), mindestens einer Kolbenmaschine (84, 85) mit einem Kolben (14, 15), mittels der Energie des Arbeitsfluids in mechanische Energie umwandelbar ist und die mindestens einen von dem Kolben (14, 15) begrenzten Zylinderraum (37, 39) aufweist, der im Betrieb der Fluidenergiemaschine (1) abwechselnd fluidleitend verbunden ist mit dem Verdampfer (10), wodurch der Zylinderraum (37, 39) sich durch Verschieben des Kolbens (14, 15) vergrößert, und dem Expansionsbehälter (6), wodurch der Zylinderraum (37, 39) sich durch Verschieben des Kolbens (14, 15) verkleinert, einem Speicherbehälter (9), der fluidleitend mit dem Verdampfer (10) und mit dem Expansionsbehälter (6) verbunden ist, und einer Förderinrichtung (8), die eingerichtet ist das Arbeitsfluid sowohl in seinem gasförmigen Zustand als auch in seinem flüssigen Zustand von dem Expansionsbehälter (6) zu dem Speicherbehälter (9) zu fördern, wobei das dem Arbeitsfluid in dem Expansionsbehälter (6) zur Verfügung stehende Volumen mindestens 7 mal so groß ist wie das maximale Volumen des ersten Zylinderraums (37, 39), so dass das Arbeitsfluid durch die Expansion des gasförmigen Arbeitsfluids in dem Expansionsbehälter (6) kondensierbar ist, und in dem Speicherbehälter (7) das Arbeitsfluid sowohl in seinem gasförmigen als auch in seinem flüssigen Zustand vorliegt, so dass das Arbeitsfluid in dem Fall, dass es nicht im Expansionsbehälter kondensiert, in dem Speicherbehälter (9) kondensierbar ist, und das Arbeitsfluid in seinem flüssigen Zustand zu dem Verdampfer (10) förderbar ist.
2. Fluidenergiemaschine gemäß Anspruch 1, wobei die Kolbenmaschine (84, 85) einen ersten Positionssensor (57, 59), der eingerichtet ist, eine erste Endposition des Kolbens (14, 15) zu detektieren, und einen zweiten Positionssensor (58, 60) aufweist, der eingerichtet ist, eine zweite Endposition des Kolbens (14, 15) zu detektieren, wobei die Fluidenergiemaschine (1) eingerichtet ist, bei Erreichen der ersten Endposition den ersten Zylinderraum (37, 39) fluidleitend mit dem Verdampfer (10) zu verbinden und bei Erreichen der zweiten Endposition fluidleitend mit dem Expansionsbehälter (6) zu verbinden.
3. Fluidenergiemaschine gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die Kolbenmaschine (84, 85) einen von dem Kolben (14, 15) begrenzten zweiten Zylinderraum (38, 40) aufweist, der im Betrieb der Fluidenergiemaschine (1) fluidleitend verbunden ist mit dem Verdampfer (10), wenn der erste Zylinderraum (37, 39) fluidleitend mit dem Expansionsbehälter (6) verbunden ist, und fluidleitend verbunden ist mit dem Expansionsbehälter (6), wenn der erste Zylinderraum (37, 39) fluidleitend mit dem Verdampfer (10) verbunden ist.
4. Fluidenergiemaschine gemäß Anspruch 3, wobei die Kolbenmaschine (84, 85) einen ersten Positionssensor (57, 59), der eingerichtet ist, eine erste Endposition des Kolbens (14, 15) zu detektieren, und einen zweiten Positionssensor (58, 60) aufweist, der eingerichtet ist, eine zweite Endposition des Kolbens (14, 15) zu detektieren, wobei die Fluidenergiemaschine eingerichtet ist, bei Erreichen der ersten Endposition den ersten Zylinderraum (37, 39) fluidleitend mit dem Verdampfer (10) und den zweiten Zylinderraum (38, 40) fluidleitend mit dem Expansionsbehälter (6) zu verbinden und bei Erreichen der zweiten Endposition den ersten Zylinderraum (37, 39) fluidleitend mit dem Expansionsbehälter (6) und den zweiten Zylinderraum (38, 40) fluidleitend mit dem Verdampfer (10) zu verbinden.
5. Fluidenergiemaschine gemäß Anspruch 3 oder 4, wobei die Fluidenergiemaschine (1) zwei der Kolbenmaschinen (84, 85) aufweist und derart eingerichtet ist, den Kolbenzyklus der zweiten Kolbenmaschine (85) um im Wesentlichen ein Viertel der Periode des Kolbenzyklus versetzt zu betreiben zu dem Kolbenzyklus der ersten Kolbenmaschine (84).
6. Fluidenergiemaschine gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Verdampfer (10) eingerichtet ist, bei einem Temperaturbereich zum Verdampfen des Arbeitsfluids betrieben zu werden, wobei der Temperaturbereich von einer Temperatur T_1 , die der Verdampfungstemperatur des Arbeitsfluids entspricht, bis zu einer Temperatur $T_1 + 10^\circ\text{C}$ ist, insbesondere bis zu einer Temperatur $T_1 + 5^\circ\text{C}$.
7. Fluidenergiemaschine gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Verdampfer (10) einen Hohlraum (86) und eine Düse (11) aufweist, mittels der das flüssige Arbeitsfluid in den Hohlraum (86) sprühbar ist.
8. Fluidenergiemaschine gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Fluidenergiemaschine (1) einen Drucksensor (32), der eingerichtet ist einen Druck des Arbeitsfluids stromab des Verdampfers (10) und stromauf der Kolbenmaschine (84, 85) zu messen, und ein Regelventil (31) aufweist, das eingerichtet ist den Massenfluss des in den Verdampfer (10) eintretenden Arbeitsfluids so zu regeln, dass der von dem Drucksensor (32) gemessene Druck in einem Solldruckbereich liegt.

9. Fluidenergiemaschine gemäß Anspruch 8, wobei der Verdampfer (10) eingerichtet ist, bei einem in Abhängigkeit des Solldruckbereichs gewählten Temperaturbereich zum Verdampfen des Arbeitsfluids betrieben zu werden, wobei der Temperaturbereich von einer Temperatur T_1 , die der Verdampfungstemperatur des Arbeitsfluids bei dem oberen Ende des Solldruckbereichs entspricht, bis zu einer Temperatur $T_1+10^\circ\text{C}$ ist, insbesondere bis zu einer Temperatur $T_1+5^\circ\text{C}$.

10. Fluidenergiemaschine gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das Arbeitsfluid Kohlendioxid, Propan, Butan, R134a und/oder C_5F_{12} ist.

11. Fluidenergiemaschine gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei das dem Arbeitsfluid in dem Expansionsbehälter (6) zur Verfügung stehende Volumen mindestens 10 mal so groß ist wie das maximale Volumen des ersten Zylinderraums (37, 39).

12. Fluidenergiemaschine gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die Fördereinrichtung (9) eine Membranpumpe und/oder Kolbenpumpe ist.

13. Fluidenergiemaschine gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Kolbenmaschine (84, 85) einen Hydraulikzylinder (16, 17) mit einem Hydraulikkolben (18, 19) aufweist, der von dem Kolben (14, 15) antreibbar ist, wobei der Hydraulikzylinder (16, 17) einen von dem Hydraulikkolben (18, 19) begrenzten ersten Hydraulikzylinderraum (41, 43) aufweist, der mit einem weiteren Arbeitsfluid gefüllt ist, wobei mit dem weiteren Arbeitsfluid ein Hydraulikmotor (20) antreibbar ist und/oder wobei die Fluidenergiemaschine eine Wärmepumpe (128) aufweist und das weitere Arbeitsfluid das Arbeitsfluid der Wärmepumpe (128) ist, wodurch der Hydraulikzylinder (16, 17) ein Kompressor der Wärmepumpe (128) ist, und/oder wobei das weitere Arbeitsfluid ein Prozessgas ist und die Fluidenergiemaschine (1) eingerichtet ist das Prozessgas für einen Prozess zu komprimieren.

14. Fluidenergiemaschine gemäß Anspruch 13, wobei die Fluidenergiemaschine (1) den Hydraulikmotor (20) aufweist, der einen Eingang (87) und einen Ausgang (88) für das weitere Arbeitsfluid und der Hydraulikzylinder (16, 17) einen von dem Hydraulikkolben (18, 19) begrenzten zweiten Hydraulikzylinderraum (42, 44) aufweist, wobei die Fluidenergiemaschine (1) eingerichtet ist zum Antreiben des Hydraulikmotors den ersten Hydraulikzylinderraum (41, 43) abwechselnd mit dem Eingang (87) und dem Ausgang (88) fluidleitend zu verbinden und den zweiten Hydraulikzylinderraum (42, 44) fluidleitend mit dem Ausgang (88) zu verbinden, wenn der erste Hydraulikzylinderraum (41, 43) mit dem Eingang

(87) verbunden ist, sowie fluidleitend mit dem Eingang (87) zu verbinden, wenn der erste Hydraulikzylinderraum (41, 43) mit dem Ausgang (88) verbunden ist.

15. Fluidenergiemaschine gemäß Anspruch 13 oder 14, wobei der Kolben (14, 15) und der Hydraulikkolben (18, 19) eine gemeinsame Kolbenstange (89, 90) haben.

Claims

1. Fluid energy machine with a working fluid, an evaporator (10), in which the working fluid can be converted from its liquid state to its gaseous state by feeding heat, an essentially adiabatic expansion vessel (6), at least one piston engine (84, 85) with a piston (14, 15), wherein energy of the working fluid can be transformed in mechanical energy by the piston engine (84, 85), wherein the piston engine (84, 85) comprises at least one cylinder space (37, 39) that is confined by the piston (14, 15), wherein the cylinder space (37, 39) is in operation of the fluid energy machine (1) alternately fluid-conductively connected with the evaporator (10), whereby the cylinder space (37, 39) is enlarged by displacing the piston (14, 15), and with the expansion vessel (6), whereby the cylinder space (37, 39) is made smaller by displacing the piston (14, 15), wherein the fluid energy machine (1) has a storage vessel (9) that is fluid-conductively connected with the evaporator (10) and with the expansion vessel (6), wherein the fluid energy machine (1) has a conveying device (8) that is adapted to convey the working fluid from the expansion vessel (6) to the storage vessel (9) in the gaseous state of the working fluid as well as in the liquid state of the working fluid, wherein the volume available in the expansion vessel (6) for the working fluid is at least 7 times as large as the maximum volume of the first cylinder space (37, 39), so that the working fluid can be condensed by the expansion of the gaseous working fluid in the expansion vessel (6), and the working fluid exists in the storage vessel (7) in the gaseous as well as in the liquid state of the working fluid, so that the working fluid can be condensed in the storage vessel (9) in the case that the working fluid does not condense in the expansion vessel and so that the working fluid can be conveyed in its liquid state to the evaporator (10).

2. Fluid energy machine according to claim 1, wherein the piston engine (84, 85) comprises a first position sensor (57, 59) that is adapted to detect a first end position of the piston (14, 15) and a second position sensor (58, 60) that is adapted to detect a second end position of the piston (14, 15), wherein the fluid energy machine (1) is adapted to fluid-conductively

- connect the first cylinder space (37, 39) with the evaporator (10) when the first end position is reached and to fluid-conductively connect the first cylinder space (37, 39) with the expansion vessel (6) when the second end position is reached.
3. Fluid energy machine according to claim 1 or 2, wherein the piston engine (84, 85) comprises a second cylinder space (38, 40) that is confined by the piston (14, 15), wherein in the operation of the fluid energy machine (1) the second cylinder space (38, 40) is fluid-conductively connected with the evaporator (10), when the first cylinder space (37, 39) is fluid-conductively connected with the expansion vessel (6), and is fluid-conductively connected with the expansion vessel (6), when the first cylinder space (37, 39) is fluid-conductively connected with the evaporator (10).
 4. Fluid energy machine according to claim 3, wherein the piston engine (84, 85) comprises a first position sensor (57, 59) that is adapted to detect a first end position of the piston (14, 15) and a second position sensor (58, 60) that is adapted to detect a second end position of the piston (14, 15), wherein the fluid energy machine is adapted to fluid-conductively connect the first cylinder space (37, 39) with the evaporator (10) and the second cylinder space (38, 40) with the expansion vessel (6) when the first end position is reached and to fluid-conductively connect the first cylinder space (37, 39) with the expansion vessel (6) and the second cylinder space (38, 40) with the evaporator (10) when the second end position is reached.
 5. Fluid energy machine according to claim 3 or 4, wherein the fluid energy machine (1) comprises two of the piston engines (84, 85) and is adapted such that the piston cycle of the second piston engine (85) is operated shifted by essentially one fourth of the period of the piston cycle with respect to the piston cycle of the first piston engine (84).
 6. Fluid energy machine according to any one of claims 1 to 5, wherein the evaporator (10) is adapted to be operated in a temperature range for evaporating the working fluid, wherein the temperature range is from a temperature T_1 that corresponds to the evaporation temperature of the working fluid to a temperature $T_1+10^\circ\text{C}$, in particular to a temperature $T_1+5^\circ\text{C}$.
 7. Fluid energy machine according to any one of claims 1 to 6, wherein the evaporator (10) comprises a hollow space (86) and a nozzle (11), wherein the liquid working fluid can be sprayed in the hollow space (86) by means of the nozzle.
 8. Fluid energy machine according to any one of claims 1 to 7, wherein the fluid energy machine (1) comprises a pressure sensor (32) that is adapted to measure a pressure of the working fluid downstream of the evaporator (10) and upstream of the piston engine (84, 85) and a control valve (31) that is adapted to control the mass flow of the working fluid entering the evaporator (10) so that a pressure measured by the pressure sensor (32) is within a target pressure range.
 9. Fluid energy machine according to claim 8, wherein the evaporator (10) is adapted to be operated in a temperature range for the evaporating the working fluid, wherein the temperature range is chosen in dependence of the target pressure range, wherein the temperature range is from a temperature T_1 that corresponds to the evaporation temperature of the working fluid at the upper end of the target pressure range to a temperature $T_1+10^\circ\text{C}$, in particular to a temperature $T_1+5^\circ\text{C}$.
 10. Fluid energy machine according to any one of claims 1 to 9, wherein the working fluid is carbon dioxide, propane, butane, R134a and/or C_5F_{12} .
 11. Fluid energy machine according to any one of claims 1 to 10, wherein the volume available in the expansion vessel (6) for the working fluid is at least 10 times as large as the maximum volume of the first cylinder space (37, 39).
 12. Fluid energy machine according to any one of claims 1 to 11, wherein the conveying device (9) is a diaphragm pump and/or a piston pump.
 13. Fluid energy machine according to any one of claims 1 to 12, wherein the piston engine (84, 85) comprises a hydraulic cylinder (16, 17) with a hydraulic piston (18, 19) that can be driven by the piston (14, 15), wherein the hydraulic cylinder (16, 17) comprises a first hydraulic cylinder space (41, 43) confined by the hydraulic piston (18, 19), wherein the first hydraulic cylinder space (41, 43) is filled with a further working fluid, wherein a hydraulic motor (20) can be driven with the further working fluid and/or wherein the fluid energy machine comprises a heat pump (128) and the further working fluid is the working fluid of the heat pump (128), whereby the hydraulic cylinder (16, 17) is a compressor of the heat pump (128), and/or wherein the further working fluid is a process gas and the fluid energy machine (1) is adapted to compress the process gas for a process.
 14. Fluid energy machine according to claim 13, wherein the fluid energy machine (1) comprises the hydraulic motor (20) that comprises an inlet (87) and an outlet (88) for the further working fluid and the hydraulic cylinder (16, 17) comprises a second hydraulic cyl-

inder space (42, 44) confined by the hydraulic piston (18, 19), wherein the fluid energy machine (1) is adapted, for driving the hydraulic motor, to alternately fluid-conductively connect the first hydraulic cylinder space (41, 43) with the inlet (87) and the outlet (88) and to fluid-conductively connect the second hydraulic cylinder space (42, 44) with the outlet (88) when the first hydraulic cylinder space (41, 43) is connected with the inlet (87), as well as to fluid-conductively connect the second hydraulic cylinder space (42, 44) with the inlet (7), when the first hydraulic cylinder space (41, 43) is connected with the outlet (88).

15. Fluid energy machine according to claim 13 or 14, wherein the piston (14, 15) and the hydraulic piston (18, 19) have a common piston rod (89, 90).

Revendications

1. Machine à énergie fluide comprenant un fluide de travail, un évaporateur (10), dans lequel le fluide de travail peut être transformé de son état liquide en son état gazeux avec apport de chaleur, un réservoir d'expansion (6) sensiblement adiabatique, au moins une machine à piston (84, 85) comportant un piston (14, 15), au moyen de laquelle l'énergie du fluide de travail peut être transformée en énergie mécanique, et qui comporte au moins une chambre de cylindre (37, 39) qui est délimitée par le piston (14, 15), laquelle, pendant le fonctionnement de la machine à énergie hydraulique (1), est reliée, de façon conductrice du fluide, alternativement à l'évaporateur (10), lorsque la chambre de cylindre (37, 39) est agrandie par le déplacement du piston (14, 15), et au réservoir d'expansion (6), lorsque la chambre de cylindre (37, 39) est réduite par le déplacement du piston (14, 15), un réservoir (9) étant relié de façon conductrice de fluide à l'évaporateur (10) et au réservoir d'expansion (6), et un dispositif de transport (8) qui est agencé pour transporter le fluide de travail à l'état gazeux et à l'état liquide depuis le réservoir d'expansion (6) vers le réservoir de stockage (9), le volume disponible pour le fluide de travail dans le réservoir d'expansion (6) étant au moins 7 fois plus grand que le volume maximal de la première chambre de cylindre (37, 39), de sorte que le fluide de travail est apte à être condensé dans le réservoir d'expansion (6) par l'expansion du fluide de travail sous forme gazeuse, et que le fluide de travail est présent à l'état gazeux et à l'état liquide dans le réservoir de stockage (7), de sorte que le fluide de travail, dans un tel cas, lorsqu'il ne se condense pas dans le réservoir d'expansion, est apte à être condensé dans le réservoir de stockage (9), et que le fluide de travail dans son état liquide peut être acheminé dans l'évaporateur (10).
2. Machine à énergie fluide selon la revendication 1, dans laquelle la machine à piston (84, 85) comprend un premier capteur de position (57, 59) agencé pour détecter une première position finale du piston (14, 15) et un deuxième capteur de position (58, 60) agencé pour détecter une deuxième position finale du piston (14, 15), la machine à énergie fluide (1) étant agencée pour, lorsque la première position finale est atteinte, connecter la première chambre de cylindre (37, 39) à l'évaporateur (10) d'une manière conductrice de fluide, et pour, lorsque la deuxième position finale est atteinte, la connecter au réservoir d'expansion (6) d'une manière conductrice de fluide.
3. Machine à énergie fluide selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans laquelle la machine à piston (84, 85) présente une deuxième chambre de cylindre (38, 40) qui est délimitée par le piston (14, 15), qui, pendant le fonctionnement de la machine à énergie fluide (1), est reliée à l'évaporateur (10) de façon conductrice de fluide lorsque la première chambre de cylindre (37, 39) est reliée de façon conductrice de fluide au réservoir d'expansion (6) et est relié par fluide au réservoir d'expansion (6) lorsque la première chambre de cylindre (37, 39) est relié à l'évaporateur (10) de façon conductrice de fluide.
4. Machine à énergie fluide selon la revendication 3, dans laquelle la machine à piston (84, 85) comprend un premier capteur de position (57, 59) agencé pour détecter une première position finale du piston (14, 15) et un deuxième capteur de position (58, 60) agencé pour détecter une deuxième position finale du piston (14, 15), la machine à énergie fluide étant agencée pour, lorsque la première position finale est atteinte, connecter la première chambre de cylindre (37, 39) à l'évaporateur (10) de façon conductrice de fluide et la deuxième chambre de cylindre (38, 40) au réservoir d'expansion (6) de façon conductrice de fluide, et pour, lorsque la deuxième position finale est atteinte, connecter la première chambre de cylindre (37, 39) au réservoir d'expansion (6) de façon conductrice de fluide et la deuxième chambre de cylindre (38, 40) à l'évaporateur (10) de façon conductrice de fluide.
5. Machine à énergie fluide selon la revendication 3 ou la revendication 4, dans laquelle la machine à énergie fluide (1) comprend deux des machines à piston (84, 85) et est agencée pour faire fonctionner le cycle de piston de la deuxième machine à piston (85) de façon décalée du cycle de piston de la première machine à piston (84), de sensiblement un quart de la durée du cycle de piston.
6. Machine à énergie fluide selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle l'évaporateur

- (10) est agencé pour fonctionner dans une plage de température pour l'évaporation du fluide de travail, la plage de température étant comprise entre une température T_1 correspondant à la température d'évaporation du fluide de travail et une température égale à $T_1+10^\circ\text{C}$, en particulier une température allant jusqu'à $T_1+5^\circ\text{C}$.
7. Machine à énergie fluide selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans laquelle l'évaporateur (10) comprend une cavité (86) et une buse (11) au moyen de laquelle le fluide de travail liquide peut être pulvérisé dans la cavité (86).
 8. Machine à énergie fluide selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, la machine à énergie fluide (1) comprenant un capteur de pression (32) agencé pour mesurer une pression du fluide de travail en aval de l'évaporateur (10) et en amont de la machine à piston (84, 85), et une vanne de commande (31) adaptée pour commander le débit massique du fluide de travail entrant dans l'évaporateur (10), de façon que la pression mesurée par le capteur de pression (32) soit située dans une plage de pressions définie.
 9. Machine à énergie fluide selon la revendication 8, dans laquelle l'évaporateur (10) est agencé pour fonctionner dans une plage de température sélectionnée en fonction de la plage de pression souhaitée pour l'évaporation du fluide de travail, la plage de température étant comprise entre une température T_1 , qui correspond à la température d'évaporation du fluide de travail à l'extrémité supérieure de la plage de pression souhaitée, et une température $T_1+10^\circ\text{C}$, allant notamment jusqu'à une température $T_1+5^\circ\text{C}$.
 10. Machine à énergie fluide selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans laquelle le fluide de travail est le dioxyde de carbone, le propane, le butane, le R134a et/ou le C_5F_{12} .
 11. Machine à énergie fluide selon l'une des revendications 1 à 10, dans laquelle le volume disponible pour le fluide de travail dans le réservoir d'expansion (6) est au moins 10 fois plus grand que le volume maximal de la première chambre de cylindre (37, 39).
 12. Machine à énergie fluide selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans laquelle le dispositif d'alimentation (9) est une pompe à membrane et/ou une pompe à piston.
 13. Machine à énergie hydraulique selon l'une des revendications 1 à 12, dans laquelle la machine à piston (84, 85) comporte un cylindre hydraulique (16, 17) avec un piston hydraulique (18, 19) apte à être entraîné par le piston (14, 15), le cylindre hydraulique (16, 17) comportant une première chambre de cylindre hydraulique (41, 43) délimitée par le piston hydraulique (18, 19) et remplie avec un fluide supplémentaire, un moteur hydraulique (20) étant apte à être entraîné au moyen du fluide de travail supplémentaire, et/ou la machine à énergie fluide comportant une pompe à chaleur (128) et le fluide de travail supplémentaire étant le fluide de travail de la pompe à chaleur (128), le cylindre hydraulique (16, 17) étant un compresseur de la pompe à chaleur (128), et/ou le fluide de travail supplémentaire étant un gaz de processus et la machine à énergie fluide (1) est agencée pour compresser le gaz de processus pour la mise en oeuvre d'un procédé.
 14. Machine à énergie fluide selon la revendication 13, dans laquelle la machine à énergie fluide (1) comprend le moteur hydraulique (20) ayant un orifice d'entrée (87) et un orifice de sortie (88) pour le fluide de travail supplémentaire, et le cylindre hydraulique (16, 17) ayant une deuxième chambre de cylindre hydraulique (42, 44) délimitée par le piston hydraulique (18, 19), la machine à énergie fluide (1) étant agencée pour entraîner le moteur hydraulique, la première chambre de cylindre hydraulique (41, 43) étant connectée alternativement audit orifice d'entrée (87) et audit orifice de sortie (88) de façon conductrice de fluide et ladite deuxième chambre de cylindre hydraulique (42, 44) étant connectée audit orifice de sortie (88) de façon conductrice de fluide lorsque ladite première chambre de cylindre hydraulique (41, 43) est connectée à ladite entrée (87) et audit orifice d'entrée (87) de façon conductrice de fluide lorsque ladite première chambre de cylindre hydraulique (41, 43) est connectée audit orifice de sortie (88).
 15. Machine à énergie fluide selon la revendication 13 ou la revendication 14, dans laquelle le piston (14, 15) et le piston hydraulique (18, 19) ont une tige de piston commune (89, 90).

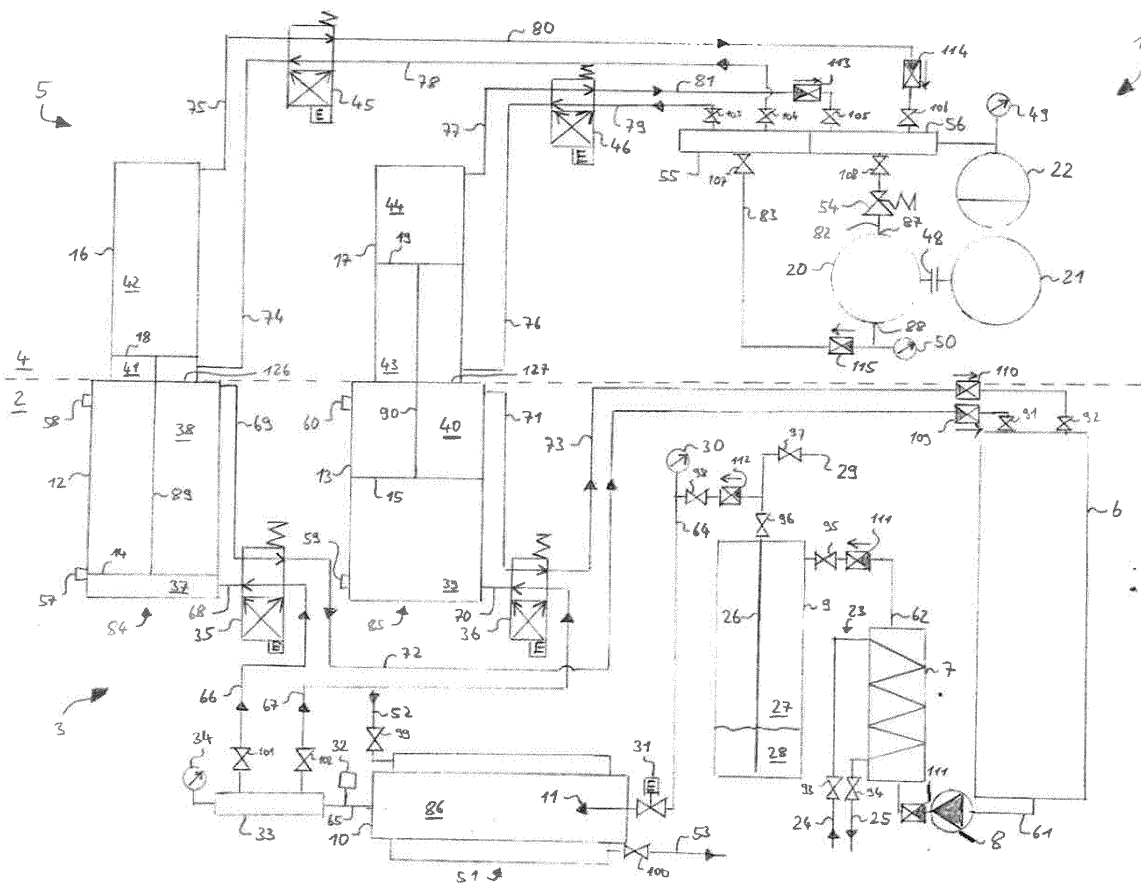


Fig. 1

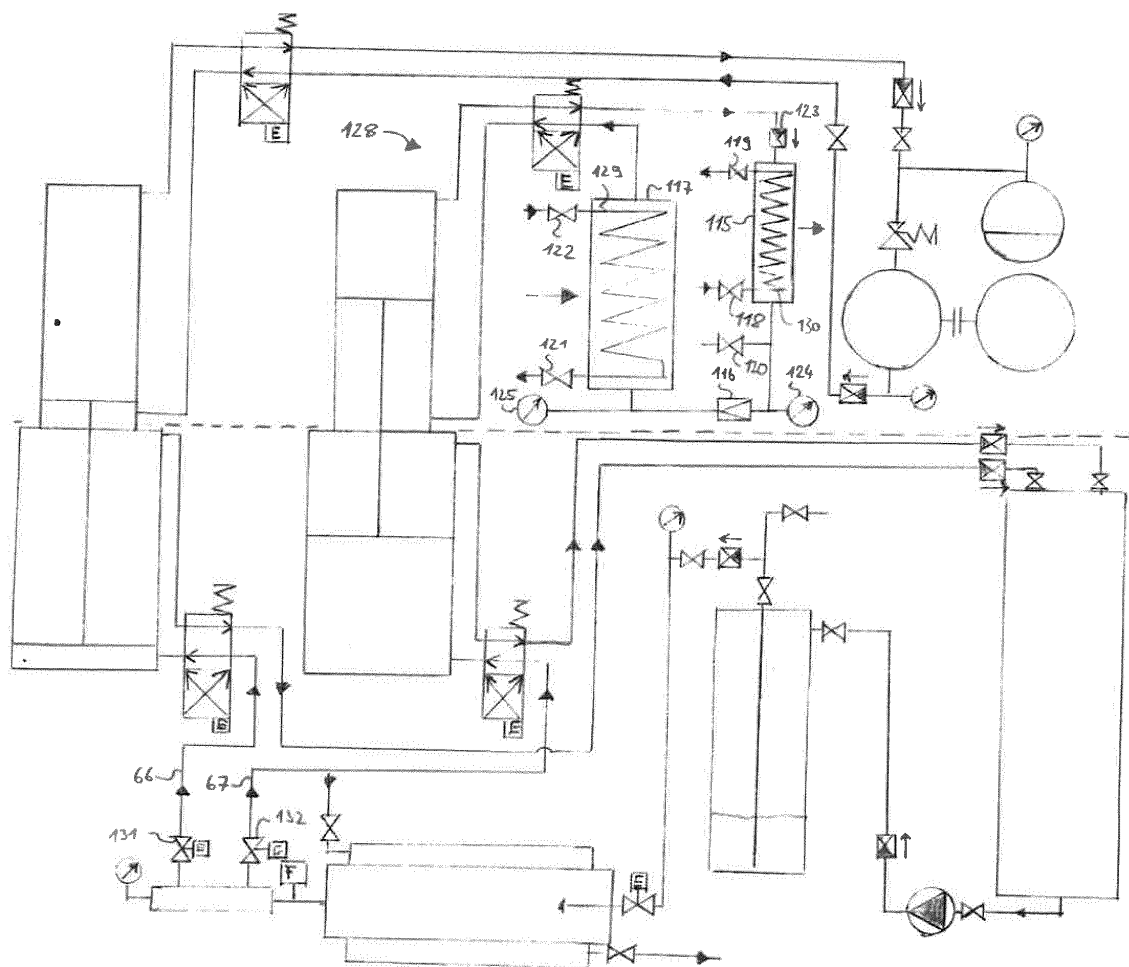


Fig. 2

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 3327838 A1 [0004]
- US 20100252028 A1 [0004]