



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
16.05.2012 Patentblatt 2012/20

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

(21) Anmeldenummer: **10191404.2**

(22) Anmeldetag: **16.11.2010**

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

(71) Anmelder: **Ago Ag Energie + Anlagen**
95326 Kulmbach (DE)

(72) Erfinder: **Ramming, Klaus**
95336 Mainleus (DE)

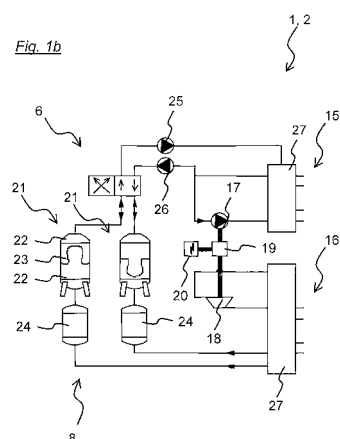
(74) Vertreter: **Bauer, Dirk**
Bauer Wagner Priesmeyer
Patent- und Rechtsanwälte
Grüner Weg 1
52070 Aachen (DE)

(54) **Verfahren zum Betreiben zweier Stirlingprozesse und Vorrichtung mit zwei Stirlingmaschinen**

(57) Offenbart ist zum Einen ein Verfahren zum Betreiben zweier Stirlingprozesse, in denen jeweils eine Gasmenge mittels eines ersten Flüssigkeitskolbens in einem ersten Flüssigkolbenwandler annähernd isotherm verdichtet und anschließend isochor in einen zweiten Flüssigkolbenwandler verschoben wird und dabei eine Wärmemenge aufnimmt, dann mittels eines zweiten Flüssigkeitskolbens in dem zweiten Flüssigkolbenwandler annähernd isotherm entspannt und schließlich wieder isochor in den ersten Flüssigkolbenwandler verschoben wird und dabei im Wesentlichen dieselbe Wärmemenge abgibt, wobei die Stirlingprozesse derart synchronisiert sind, dass die Wärmemenge aus der Gasmenge in dem einen der Stirlingprozesse in einem Wärmetauscher in die Gasmenge in dem andern übergeht, und wobei in jedem der Stirlingprozesse jeweils bei jedem Verschieben die hierzu an einer Flüssigkeit eines der Flüssigkeitskolben verrichtete Verschiebearbeit mindestens teilweise auf eine Flüssigkeit des anderen übertragen wird. Zum Andern betrifft die Erfindung eine Vorrichtung (1, 2) mit zwei Stirlingmaschinen, jeweils mit einem ersten Flüssigkolbenwandler, mit einer ersten Gasleitung zum Verschieben einer Gasmenge aus dem ersten Flüssigkolbenwandler durch einen ersten Wärmetauscher in einen zweiten Flüssigkolbenwandler, mit einer zweiten Gasleitung zum Verschieben der Gasmenge aus dem zweiten Flüssigkolbenwandler durch einen zweiten Wärmetauscher in den ersten Flüssigkolbenwandler, mit mindestens einer Pumpe (17) zum Zuführen einer ersten Flüssigkeit eines ersten Flüssigkeitskolbens zu dem ersten Flüssigkolbenwandler oder einer zweiten Flüssigkeit eines zweiten Flüssigkeitskolbens zu dem zweiten Flüssigkolbenwandler sowie mit mindestens einem Hydromotor (18) zum Abführen der ersten Flüssigkeit aus dem ersten Flüssigkolbenwandler oder der zweiten Flüssigkeit aus

dem zweiten Flüssigkolbenwandler, sowie mit einer Hydrosteuerung (27) zur Steuerung eines oben beschriebenen Stirlingprozesses, wobei jeweils der erste Wärmetauscher der einen der Stirlingmaschinen dem zweiten Wärmetauscher der andern entspricht.

Um den Wirkungsgrad zu steigern wird vorgeschlagen, dass in jedem der Stirlingprozesse des Verfahrens die Flüssigkeiten des ersten Flüssigkeitskolbens und des zweiten Flüssigkeitskolbens bei jedem Verschieben derart hydraulisch in Kontakt stehen, dass in beiden Flüssigkeiten derselbe Druck anliegt. Außerdem wird vorgeschlagen, in der Vorrichtung (1, 2) einen Behälter (21) vorzusehen mit zwei Kammern (22), und Flüssigkeitsleitungen (15, 16), durch die eine der Kammern (22) jeweils mit dem ersten Flüssigkeitskolben, die andere mit dem zweiten Flüssigkeitskolben jeder der Stirlingmaschinen verbindbar ist, sowie ein in dem Behälter (21) im Wesentlichen widerstandslos verschiebbares Trennelement (23), das die Flüssigkeiten in den Kammern (22) stofflich trennt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft zum Einen ein Verfahren zum Betreiben zweier Stirlingprozesse, in denen jeweils eine Gasmenge mittels eines ersten Flüssigkeitskolbens in einem ersten Flüssigkolbenwandler annähernd isotherm verdichtet und anschließend isochor in einen zweiten Flüssigkolbenwandler verschoben wird und dabei eine Wärmemenge aufnimmt, dann mittels eines zweiten Flüssigkeitskolben in dem zweiten Flüssigkolbenwandler annähernd isotherm entspannt und schließlich wieder isochor in den ersten Flüssigkolbenwandler verschoben wird und dabei im Wesentlichen dieselbe Wärmemenge abgibt, wobei die Stirlingprozesse derart synchronisiert sind, dass die Wärmemenge aus der Gasmenge in dem einen der Stirlingprozesse in einem Wärmetauscher in die Gasmenge in dem andern übergeht, und wobei in jedem der Stirlingprozesse jeweils bei jedem Verschieben die hierzu an einer Flüssigkeit eines der Flüssigkeitskolben verrichtete Verschiebearbeit mindestens teilweise auf eine Flüssigkeit des anderen übertragen wird. Zum Andern betrifft die Erfindung eine Vorrichtung mit zwei Stirlingmaschinen, jeweils mit einem ersten Flüssigkolbenwandler, mit einer ersten Gasleitung zum Verschieben einer Gasmenge aus dem ersten Flüssigkolbenwandler durch einen ersten Wärmetauscher in einen zweiten Flüssigkolbenwandler, mit einer zweiten Gasleitung zum Verschieben der Gasmenge aus dem zweiten Flüssigkolbenwandler durch einen zweiten Wärmetauscher in den ersten Flüssigkolbenwandler, mit mindestens einer Pumpe zum Zuführen einer ersten Flüssigkeit eines ersten Flüssigkeitskolben zu dem ersten Flüssigkolbenwandler oder einer zweiten Flüssigkeit eines zweiten Flüssigkeitskolben zu dem zweiten Flüssigkolbenwandler sowie mit mindestens einem Hydromotor zum Abführen der ersten Flüssigkeit aus dem ersten Flüssigkolbenwandler oder der zweiten Flüssigkeit aus dem zweiten Flüssigkolbenwandler, sowie mit einer Hydrosteuerung zur Steuerung eines Stirlingprozesses, in dem die Gasmenge mittels des ersten Flüssigkeitskolbens annähernd isotherm verdichtet und anschließend isochor in den zweiten Flüssigkolbenwandler verschoben wird und dabei eine Wärmemenge aufnimmt, dann mittels des zweiten Flüssigkeitskolben in dem zweiten Flüssigkolbenwandler annähernd isotherm entspannt und schließlich wieder isochor in den ersten Flüssigkolbenwandler verschoben wird und dabei im Wesentlichen dieselbe Wärmemenge abgibt, wobei jeweils der erste Wärmetauscher der einen der Stirlingmaschinen dem zweiten Wärmetauscher der andern entspricht.

[0002] Ein Verfahren und eine Vorrichtung der vorgenannten Art sind aus DE 10 2008 042 828 der Anmelderin bekannt. Die bekannte Vorrichtung ist je nach Beschaltung eine Wärmepumpe oder eine Kraftmaschine: In einer Kraftmaschine pumpt die Pumpe die erste Flüssigkeit des ersten Flüssigkolben zu dem ersten Flüssigkolbenwandler und der Hydromotor führt die zweite Flüssigkeit des zweiten Flüssigkolben aus dem zweiten Flüssigkol-

benwandler ab, in einer Wärmepumpe, beispielsweise einer Kältemaschine pumpt die Pumpe die zweite Flüssigkeit des zweiten Flüssigkolben zu dem zweiten Flüssigkolbenwandler und der Hydromotor führt die erste Flüssigkeit des ersten Flüssigkolben aus dem ersten Flüssigkolbenwandler ab. In dem bekannten Verfahren sind zwei dieser Vorrichtungen, also vier Stirlingprozesse mit insgesamt acht Flüssigkolbenwandlern derart zusammengeschaltet und synchronisiert, dass jede der vier Zustandsänderungen - isothermes Verdichten, isochores Erwärmen, isothermes Entspannen und isochores Abkühlen - immer in genau einer der Stirlingmaschinen ausgeführt wird. Insbesondere wird durch die Synchronisierung die jeweilige Gasmenge immer in genau einer der Stirlingmaschinen verdichtet und in einer anderen Stirlingmaschine entspannt, so dass die in diesen Prozessschritten einzubringende oder zu gewinnende mechanische Arbeit einen weitgehend kontinuierlichen Verlauf aufweist.

[0003] In der bekannten Vorrichtung werden die Flüssigkeiten der Flüssigkeitskolben zum Verdichten der Gasmenge im Flüssigkolbenwandler sowie zum Austreiben der Gasmenge aus diesem jeweils mittels Pumpen zugeführt und zum Entspannen sowie zum Einlassen der Gasmenge über Hydromotoren abgeführt, die die mit den Pumpen aufgewandte Strömungsenergie zumindest teilweise zurückgewinnen. Sowohl in den Pumpen als auch in den Hydromotoren fallen Verluste an, die den Wirkungsgrad des bekannten Verfahrens gegenüber dem idealen Prozess schmälern.

Aufgabe

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Wirkungsgrad zu steigern.

Lösung

[0005] Ausgehend von den bekannten Verfahren wird nach der Erfindung vorgeschlagen, dass in jedem der Stirlingprozesse die Flüssigkeiten des ersten Flüssigkeitskolben und des zweiten Flüssigkeitskolben bei jedem Verschieben derart hydraulisch gekoppelt sind, dass in beiden Flüssigkeiten derselbe Druck anliegt. Das erfindungsgemäße Verfahren entlastet einerseits die Steuerung von der Anforderung, beim Verschieben mittels der Pumpen und Hydromotoren das konstante Volumen der Gasmenge zu gewährleisten, weil durch die hydraulische Kopplung der beiden Flüssigkeitskolben immer dasselbe Flüssigkeitsvolumen in dem einen Flüssigkolbenwandler zu- und in dem anderen Flüssigkolbenwandler abgeführt wird. Letztlich erübrigt das erfindungsgemäße Verfahren den Einsatz von Hydromotoren zum Einlassen der Gasmenge und vermeidet damit auch die dort anfallenden Verluste.

[0006] Vorzugsweise wird im Rahmen eines erfindungsgemäßen Verfahrens bei jedem Verschieben mindestens an einer der Flüssigkeiten Verschiebearbeit ver-

richtet. Das erfindungsgemäße Verfahren vermindert die aufzubringende Arbeit auf den zur Überwindung der Druckdifferenz zwischen ihrem Ein- und Ausgang, also zur Überwindung der Leitungsverluste benötigten Anteil. Zum Pumpen können daher einfache und verlustarme Hilfspumpen, beispielsweise Kreiselpumpen zum Einsatz kommen.

[0007] Besonders bevorzugt wird ein erfindungsgemäßes Verfahren mit einem zweiten, identischen Verfahren derart synchronisiert, dass jeweils in dem einen der Verfahren die Wärmemenge übergeht, während in dem andern eine der Gasmengen verdichtet und die andere entspannt wird. Wie im bekannten Stand der Technik weist dann die beim Verdichten einzubringende oder beim Entspannen zu gewinnende mechanische Arbeit einen weitgehend kontinuierlichen Verlauf auf.

[0008] Ausgehend von den bekannten Vorrichtungen wird nach der Erfindung vorgeschlagen, einerseits einen Behälter vorzusehen mit zwei Kammern, und andererseits Flüssigkeitsleitungen, durch die eine der Kammern jeweils mit dem ersten Flüssigkeitskolben, die andere mit dem zweiten Flüssigkeitskolben jeder der Stirlingmaschinen verbindbar ist, sowie ein in dem Behälter im Wesentlichen widerstandslos verschiebbares Trennelement, das die Flüssigkeiten in den Kammern stofflich trennt. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ermöglicht zunächst die Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens und zeichnet sich durch die dort aufgeführten Vorteile aus. Darüber hinaus ermöglicht die erfindungsgemäße Vorrichtung die Verwendung unterschiedlicher Flüssigkeiten für die zum Verdichten und zum Entspannen eingesetzten Flüssigkolbenwandler. Während zum Verdichten im Niedertemperaturteil der Vorrichtung einfache und preisgünstige Hydrauliköle zum Einsatz kommen, erfordert das Entspannen bei rund 300 °C im Hochtemperaturteil eine hochtemperaturbeständige Flüssigkeit, beispielsweise Thermoöl, ionische Flüssigkeit oder ein bei diesen Temperaturen flüssiges Metall wie Quecksilber, Francium, Cäsium, Gallium, Natrium oder Zinn. Das Trennelement kann eine beispielsweise an der Behälterwand verankerte Trennmembrane oder ein in dem Behälter frei beweglicher ("schwebender") Kolben zum Einsatz kommen.

[0009] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung weist vorzugsweise mindestens eine Hilfspumpe, mittels derer jeweils beim Verschieben einer der Gasmengen an einer der Flüssigkeiten Verschiebearbeit verrichtbar ist. Die Hilfspumpe muss beim isochoren Verschieben lediglich die Leitungsverluste zwischen den Flüssigkolbenwandlern überwinden. Daher können einfache und verlustarme Aggregate, beispielsweise Kreiselpumpen zum Einsatz kommen. Alternativ kann ein in dem Behälter frei beweglicher Kolben mittels eines Linearantriebs angetrieben werden.

[0010] In einer erfindungsgemäßen Vorrichtung ist bevorzugt der erste Wärmetauscher zugleich der zweite Wärmetauscher. In einer solchen erfindungsgemäßen Vorrichtung werden auf jeder Seite des (gemeinsamen)

Wärmetauschers abwechselnd die Gasleitungen der ersten und der zweiten Stirlingmaschine angeschlossen.

[0011] Weiterhin nutzt in einer erfindungsgemäßen Vorrichtung vorteilhafter Weise eine zweite, im Wesentlichen identische Vorrichtung dieselben Wärmetauscher, dieselbe Pumpe, denselben Hydromotor und/oder dieselben Hilfspumpen. Bei entsprechender Beschaltung können so zwei Vorrichtungen mit vier Stirlingmaschinen, nur einem gemeinsamen Wärmetauscher für die isochore Wärmeübertragung, zwei Hilfspumpen für die Verschiebung, einer Pumpe für die isotherme Verdichtung und einem Hydromotor für die isotherme Entspannung ausgeführt werden.

15 Ausführungsbeispiel

[0012] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels erläutert. Das schematische Anlagenschaubild - aus Gründen der Übersichtlichkeit in zwei Teilen in den Zeichnungsfiguren 1a und 1b - zeigt zwei miteinander verbundene erfindungsgemäße Vorrichtungen 1, 2 mit gemäß Figur 1a je zwei Stirlingmaschinen 3, 4, die als Kraftmaschine verschaltet sind. Die Stirlingmaschinen 3, 4 weisen jeweils einen ersten Flüssigkolbenwandler 5 zum Verdichten einer nicht dargestellten Gasmenge im Niedertemperaturteil 6 und einen zweiten Flüssigkolbenwandler 7 zum Entspannen der Gasmenge im Hochtemperaturteil 8 auf.

[0013] Die nur symbolisch dargestellten Flüssigkolbenwandler 5, 7 weisen im Detail jeweils einen Zylinder auf, in dessen unterem Bereich sich eine Flüssigkeit - im Niedertemperaturteil 6 Hydrauliköl, im Hochtemperaturteil 8 Thermoöl - befindet, die im Innenraum des Zylinders bis zu einem Spiegel einen Flüssigkeitskolben bildet. In dem Innenraum befindet sich weiterhin jeweils ein Rohrbündel eines Wärmetauschers, das von einem Wärmeträgermedium durchströmt wird. Das jeweilige Wärmeträgermedium strömt über Wärmeträgerleitungen 9 zwischen den Flüssigkolbenwandlern 5, 7 durch eine Zulaufleitung und eine Ablaufleitung sowohl durch das Rohrbündel als auch durch einen in einem Doppelmantel gebildeten Hohlraum, der den Innenraum des Zylinders umgibt.

[0014] Jede Stirlingmaschine 3, 4 weist jeweils eine Gasleitung 10 auf, durch die die Gasmenge aus dem ersten Flüssigkolbenwandler 5 in den zweiten Flüssigkolbenwandler 7 und eine zweite, separate Gasleitung 11, durch die die Gasmenge in umgekehrter Richtung verschoben werden kann. Die erfindungsgemäßen Vorrichtungen 1, 2 weisen einen gemeinsamen Wärmetauscher 12 auf, der mittels Ventilelementen in die Gasleitungen 10, 11 zwischen den Flüssigkolbenwandlern 5, 7 geschaltet werden kann.

[0015] Das Wärmeträgermedium der Niedertemperaturseite kühlt zusätzlich nach dem Durchströmen der ersten Flüssigkolbenwandler 5 in einem weiteren Wärmetauscher 13 das in dem zentralen Wärmetauscher 12 gekühlte, entspannte Gas. Das Wärmeträgermedium der

Hochtemperaturseite heizt zusätzlich nach dem Durchströmen der zweiten Flüssigkolbenwandler 7 in einem weiteren Wärmetauscher 14 das in dem zentralen Wärmetauscher 12 aufgeheizte, verdichtete Gas.

[0016] Die Vorrichtungen 1, 2 weisen Flüssigkeitsleitungen 15, 16 auf, über die die jeweilige Flüssigkeit in jeden der Flüssigkeitskolbenwandler gepumpt oder aus jedem der Flüssigkolbenwandler 5, 7 abgeführt werden kann. Die erfindungsgemäßen Vorrichtungen 1, 2 weisen eine gemeinsame Pumpe 17 zum Pumpen des Hydrauliköls und einen gemeinsamen Hydromotor 18 zum Abführen des Thermoöls auf. Pumpe 17 und Hydromotor 18 sind über ein Differential 19 mit einem elektrischen Aggregat 20 - je nach Betriebsart der Vorrichtungen 1, 2 mit einem Elektromotor oder einem Generator verbunden.

[0017] Die Vorrichtungen 1, 2 weisen gemäß Figur 1b zwei gemeinsame Behälter 21 mit je zwei Kammern 22 auf, von denen je auf eine die Flüssigkeitsleitungen 15 der ersten Flüssigkolbenwandler 5 und auf die andere die Flüssigkeitsleitungen 16 der zweiten Flüssigkolbenwandler 7 geschaltet werden können. Die Behälter 21 weisen jeweils als Trennelement (23) eine Membrane auf, die sich in dem Behälter 21 soweit ausbeulen kann, dass das maximal auftretende Volumen der Gasmenge überstrichen wird.

[0018] Auf der Hochtemperaturseite ist den Behältern 21 jeweils ein Vorschaltgefäß 24 vorgeschaltet, in das die heiße Flüssigkeit aus den zweiten Flüssigkolbenwandlern 7 fließt. Aus dem Vorschaltgefäß 24 strömt kühlere Flüssigkeit in den Behälter 21, um das nicht hochtemperaturfeste Trennelement (23) nicht zu beschädigen. Auf der Niedertemperaturseite sind den Behältern 21 über ein 4/2-Wegeventil zwei gemeinsame Hilfspumpen 25, 26 mit entgegengesetzter Förderrichtung vorgeschaltet.

[0019] Die Flüssigkeitsleitungen 15, 16 werden über getrennte Hydrosteuerungen 27 für die Hochtemperaturseite und die Niedertemperaturseite mit der Pumpe 17, dem Hydromotor 18 und den Behältern 21 verbunden.

[0020] Der Stirlingprozess verläuft in allen vier Stirlingmaschinen 3, 4 mit identischen Parametern in vier Takten, wobei die Gasmenge Helium von 1 kg jeweils im Verdichtungstakt von dem Niederdruckniveau bei 6 bis 8 MPa auf das Hochdruckniveau bei 15 bis 20 MPa im Wesentlichen isotherm verdichtet, anschließend im Heiztakt isochor aufgeheizt, dann im Entspannungstakt von dem Hochdruckniveau auf das Niederdruckniveau entspannt und schließlich im Kühltakt isochor abgekühlt wird, bevor der Stirlingprozess als Kreisprozess mit dem nächsten Verdichtungstakt weiterläuft:

[0021] Zu Beginn des Verdichtungstakts befindet sich die Gasmenge auf dem Niederdruckniveau oberhalb des Flüssigkeitskolben im ersten Flüssigkolbenwandler 5. Die Gasleitung 10 zum zweiten Flüssigkolbenwandler 7 ist geschlossen. Im Verdichtungstakt wird das Hydrauliköl mittels der Pumpe 17 in den ersten Flüssigkolbenwandler 5 gepumpt und die Gasmenge verdichtet. Die

hierbei anfallende Wärme wird durch Wasser als Wärmeträgermedium des Niedertemperaturteils 6 soweit gesteuert abgeführt, dass die Temperatur in der Gasmenge im Wesentlichen konstant bleibt.

[0022] Im Heiztakt wird einerseits die Gasleitung 10 zum zweiten Flüssigkolbenwandler 7 geöffnet, andererseits werden die Flüssigkeitskolben im ersten Flüssigkolbenwandler 5 und im zweiten Flüssigkolbenwandler 7 über die Flüssigkeitsleitungen 15, 16 mit dem Behälter 21 verbunden. Mittels der ersten Hilfspumpe 25 wird dann weiteres Hydrauliköl in den ersten Flüssigkolbenwandler 5 gepumpt, bis die Gasmenge im Wesentlichen vollständig ausgetrieben ist. Zugleich wird durch die hydraulische Kopplung im Behälter 21 derselbe Volumenstrom an Thermoöl aus dem zweiten Flüssigkeitswandler abgezogen, so dass das Volumen der Gasmenge konstant bleibt. Anschließend wird die Gasleitung 10 wieder geschlossen, so dass in der Gasleitung 10 und in dem zugeordneten Teil des gemeinsamen Wärmetauschers 12 das Hochdruckniveau erhalten bleibt.

[0023] Im Entspannungstakt wird das Thermoöl aus dem zweiten Flüssigkolbenwandler 7 über den Hydromotor 18 abgelassen und die Gasmenge entspannt. Um die Temperatur in der Gasmenge im Wesentlichen konstant zu halten, wird durch Abgas eines Verbrennungsprozesses oder Thermoöl als Wärmeträgermedium im Hochtemperaturteil 8 gesteuert Wärme eingetragen.

[0024] Im Kühltakt wird zunächst die Gasleitung 11 zum ersten Flüssigkolbenwandler 5 geöffnet und die Flüssigkeitskolben werden wieder mit dem Behälter 21 verbunden. Dann wird mittels der zweiten Hilfspumpe 26 das Hydrauliköl aus dem ersten Flüssigkolbenwandler 5 abgezogen und durch die hydraulische Kopplung im Behälter 21 derselbe Volumenstrom an Thermoöl in den zweiten Flüssigkolbenwandler 7 gepumpt, so dass wiederum das Volumen der Gasmenge konstant bleibt. Auch hier wird die Gasleitung 11 anschließend wieder geschlossen.

[0025] In jeder der beiden Vorrichtungen 1, 2 läuft dieser Stirlingprozess in der ersten Stirlingmaschine 3 gegenüber dem Stirlingprozess in der zweiten Stirlingmaschine 4 jeweils um zwei Takte versetzt. In jeder der Vorrichtungen 1, 2 läuft also immer gleichzeitig ein Heiz- und ein Kühltakt beziehungsweise ein Verdichtungs- und ein Entspannungstakt ab.

[0026] In der ersten Vorrichtung 1 laufen die Stirlingprozesse gegenüber den Stirlingprozessen in der zweiten Vorrichtung 2 jeweils um einen Takt versetzt. Während also in den Stirlingmaschinen 3, 4 einer der Vorrichtungen 1, 2 Heiz- und Kühltakte ablaufen, befinden sich die Stirlingmaschinen 3, 4 der jeweils anderen Vorrichtung 1, 2 im Verdichtungs- und Entspannungstakt.

[0027] In den Figuren sind

1 erste Vorrichtung

2 zweite Vorrichtung

3	erste Stirlingmaschine	
4	zweite Stirlingmaschine	
5	erster Flüssigkolbenwandler	5
6	Niedertemperaturteil	
7	zweiter Flüssigkolbenwandler	10
8	Hochtemperaturteil	
9	Wärmeträgerleitung	
10	erste Gasleitung	15
11	zweite Gasleitung	
12	Wärmetauscher	20
13	Wärmetauscher	
14	Wärmetauscher	
15	Flüssigkeitsleitung des Niedertemperaturteils	25
16	Flüssigkeitsleitung des Hochtemperaturteils	
17	Pumpe	30
18	Hydromotor	
19	Differential	
20	elektrisches Aggregat	35
21	Behälter	
22	Kammer	40
23	Trennelement	
24	Vorschaltgefäß	
25	erste Hilfspumpe	45
26	zweite Hilfspumpe	
27	Hydrosteuerung	50

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben zweier Stirlingprozesse, in denen jeweils eine Gasmenge mittels eines ersten Flüssigkeitskolbens in einem ersten Flüssigkolbenwandler (5) annähernd isotherm verdichtet und anschließend isochor in einen zweiten Flüssigkolben-

wandler (7) verschoben wird und dabei eine Wärmemenge aufnimmt, dann mittels eines zweiten Flüssigkeitskolbens in dem zweiten Flüssigkolbenwandler (7) annähernd isotherm entspannt und schließlich wieder isochor in den ersten Flüssigkolbenwandler (5) verschoben wird und dabei im Wesentlichen dieselbe Wärmemenge abgibt, wobei die Stirlingprozesse derart synchronisiert sind, dass die Wärmemenge aus der Gasmenge in dem einen der Stirlingprozesse in einem Wärmetauscher (12) in die Gasmenge in dem andern übergeht, und wobei in jedem der Stirlingprozesse jeweils bei jedem Verschieben die hierzu an einer Flüssigkeit eines der Flüssigkeitskolben verrichtete Verschiebearbeit mindestens teilweise auf eine Flüssigkeit des anderen übertragen wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** in jedem der Stirlingprozesse die Flüssigkeiten des ersten Flüssigkeitskolbens und des zweiten Flüssigkeitskolbens bei jedem Verschieben derart hydraulisch gekoppelt sind, dass in beiden Flüssigkeiten derselbe Druck anliegt.

2. Verfahren nach dem vorgenannten Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei jedem Verschieben mindestens an einer der Flüssigkeiten Verschiebearbeit verrichtet wird.

3. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine Synchronisierung mit einem zweiten, identischen Verfahren derart, dass jeweils in dem einen der Verfahren die Wärmemenge übergeht, während in dem andern eine der Gas Mengen verdichtet und die andere entspannt wird.

4. Vorrichtung (1, 2) mit zwei Stirlingmaschinen (3, 4), jeweils mit einem ersten Flüssigkolbenwandler (5), mit einer ersten Gasleitung (10) zum Verschieben einer Gasmenge aus dem ersten Flüssigkolbenwandler (5) durch einen ersten Wärmetauscher (12) in einen zweiten Flüssigkolbenwandler (7), mit einer zweiten Gasleitung (11) zum Verschieben der Gasmenge aus dem zweiten Flüssigkolbenwandler (7) durch einen zweiten Wärmetauscher (12) in den ersten Flüssigkolbenwandler (5), mit mindestens einer Pumpe (17) zum Zuführen einer ersten Flüssigkeit eines ersten Flüssigkeitskolbens zu dem ersten Flüssigkolbenwandler (5) oder einer zweiten Flüssigkeit eines zweiten Flüssigkeitskolbens zu dem zweiten Flüssigkolbenwandler (7) sowie mit mindestens einem Hydromotor (18) zum Abführen der ersten Flüssigkeit aus dem ersten Flüssigkolbenwandler (5) oder der zweiten Flüssigkeit aus dem zweiten Flüssigkolbenwandler (7), sowie mit einer Hydrosteuerung (27) zur Steuerung eines Stirlingprozesses, in dem die Gasmenge mittels des ersten Flüssigkeitskolbens annähernd isotherm verdichtet und anschließend isochor in den zweiten Flüssigkolben-

wandler (7) verschoben wird und dabei eine Wärmemenge aufnimmt, dann mittels des zweiten Flüssigkeitskolben in dem zweiten Flüssigkolbenwandler (7) annähernd isotherm entspannt und schließlich wieder isochor in den ersten Flüssigkolbenwandler (5) verschoben wird und dabei im Wesentlichen dieselbe Wärmemenge abgibt, wobei jeweils der erste Wärmetauscher (12) der einen der Stirlingmaschinen (3, 4) dem zweiten Wärmetauscher (12) der andern entspricht, **gekennzeichnet durch** einen Behälter (21) mit zwei Kammern (22), und **durch** Flüssigkeitsleitungen (15, 16), **durch** die eine der Kammern (22) jeweils mit dem ersten Flüssigkeitskolben, die andere mit dem zweiten Flüssigkeitskolben jeder der Stirlingmaschinen (3, 4) verbindbar ist, sowie **durch** ein in dem Behälter (21) im Wesentlichen widerstandslos verschiebbares Trennelement (23), das die Flüssigkeiten in den Kammern (22) stofflich trennt.

5. Vorrichtung (1, 2) nach dem vorgenannten Anspruch, **gekennzeichnet durch** mindestens eine Hilfspumpe (25, 26), mittels derer jeweils beim Verschieben einer der Gasmengen an einer der Flüssigkeiten Verschiebearbeit verrichtbar ist.
6. Vorrichtung (1, 2) nach einem der Ansprüche 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Wärmetauscher (12) zugleich der zweite Wärmetauscher (12) ist.
7. Vorrichtung (1, 2) nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine zweite, im Wesentlichen identische Vorrichtung (1, 2) dieselben Wärmetauscher (12), dieselbe Pumpe (17), denselben Hydromotor (18) und/oder dieselben Hilfspumpen (25, 26) nutzt.

Fig. 1a

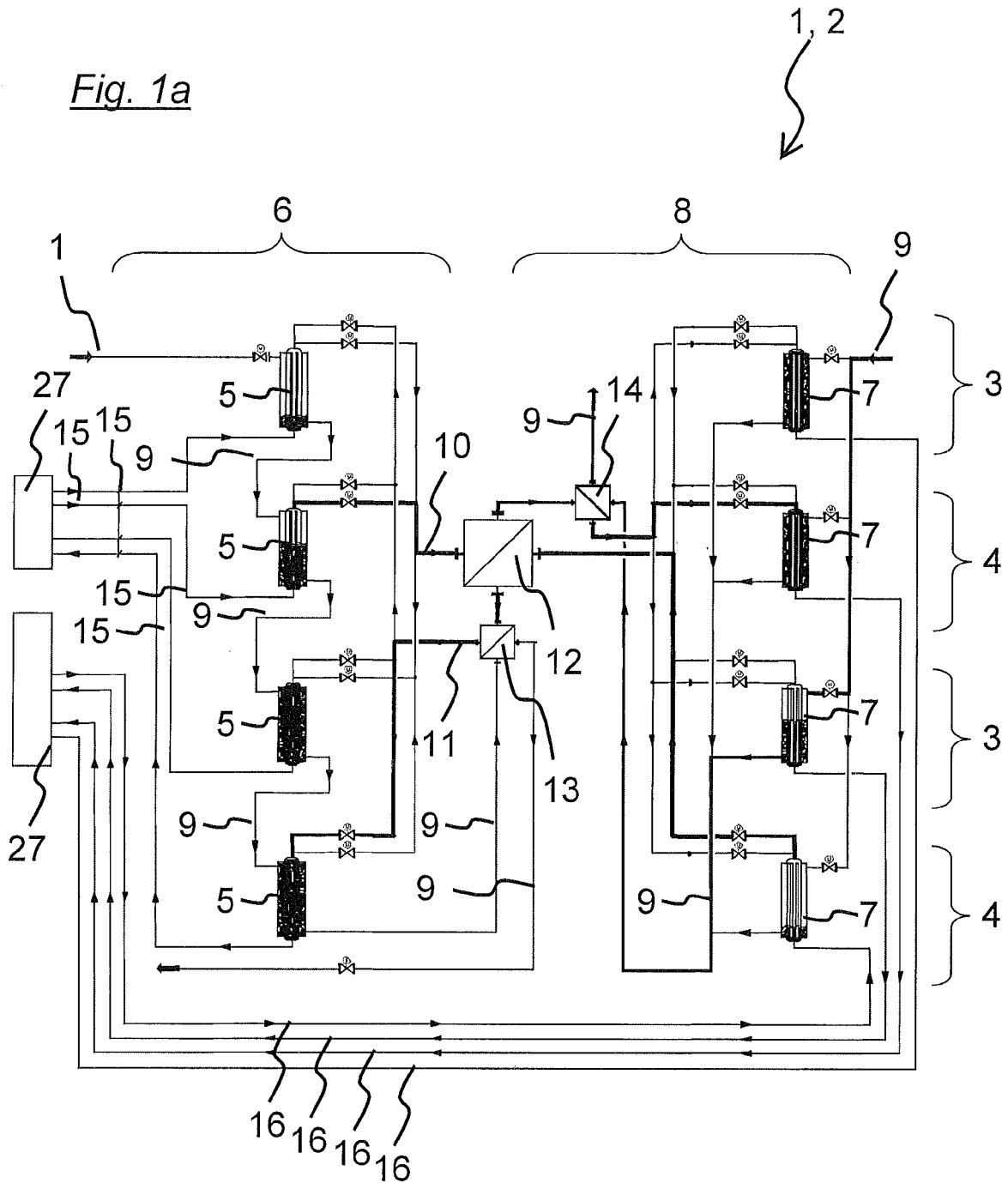
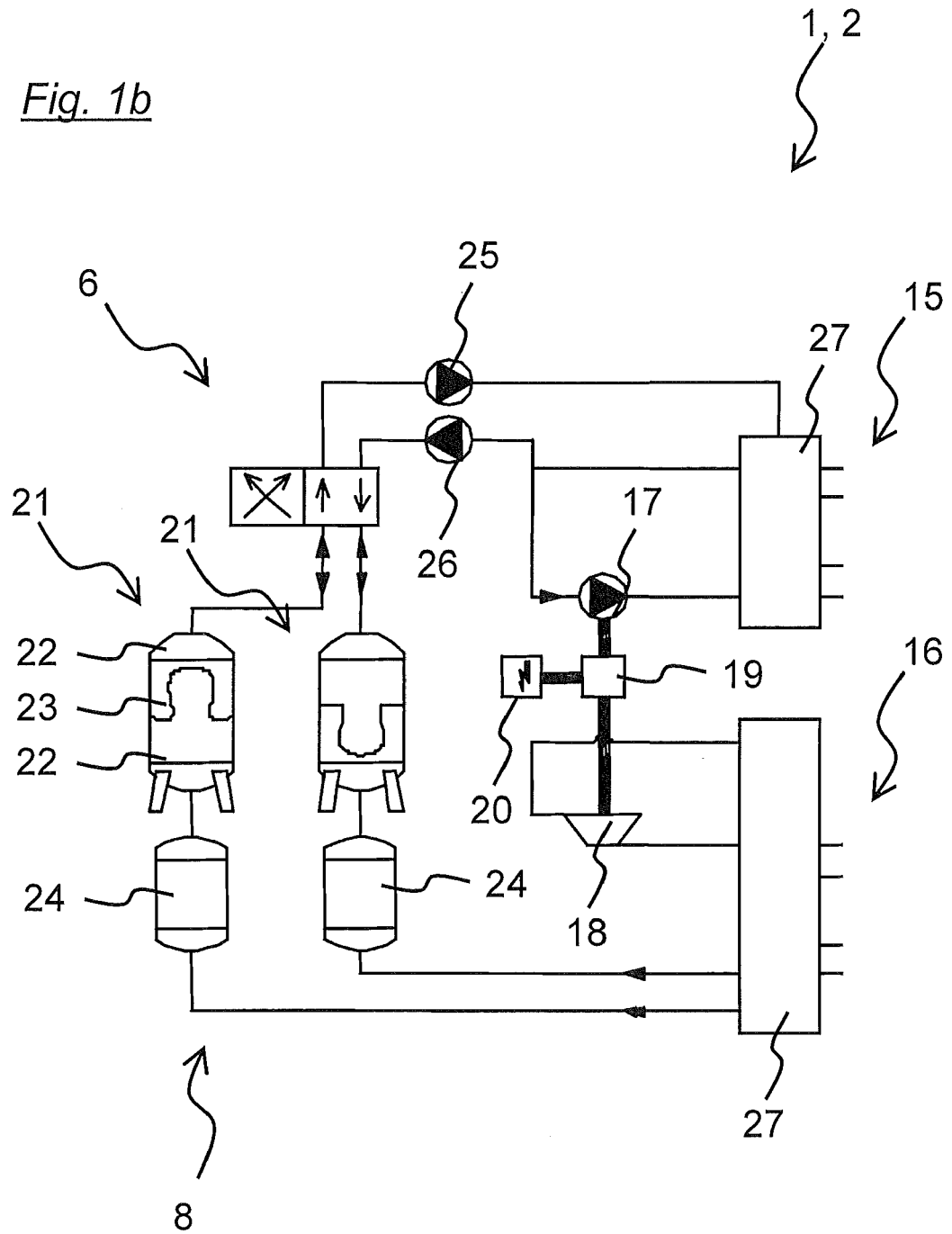


Fig. 1b





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 10 19 1404

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	JP 61 207862 A (AISIN SEIKI) 16. September 1986 (1986-09-16) * Zusammenfassung; Abbildungen *	1,4	INV. F02G1/043
A	DE 20 2008 001920 U1 (PASEMANN LUTZ [DE]) 24. April 2008 (2008-04-24) * Zusammenfassung; Abbildungen *	1,4	
A,D	DE 10 2008 042828 A1 (AGO AG EN & ANLAGEN [DE]) 15. April 2010 (2010-04-15) * das ganze Dokument *	1,4	
A	WO 02/088536 A1 (STIRLING ADVANTAGE INC [US]) 7. November 2002 (2002-11-07) * Seite 7, Zeile 17 - Zeile 22; Abbildungen *	1,4	
A	US 3 657 877 A (HUFFMAN FRED N) 25. April 1972 (1972-04-25) * Zusammenfassung; Abbildungen *	1,4	
A	US 2008/072597 A1 (CALL ANSON J [US]) 27. März 2008 (2008-03-27) * Absatz [0018] *	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F02G
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 12. April 2011	Prüfer Coniglio, Carlo
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

 2
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 10 19 1404

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

12-04-2011

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 61207862 A	16-09-1986	JP 1663179 C JP 3027748 B	19-05-1992 16-04-1991
DE 202008001920 U1	24-04-2008	WO 2009100710 A2 DE 112009000903 A5 EP 2291583 A2	20-08-2009 20-01-2011 09-03-2011
DE 102008042828 A1	15-04-2010	WO 2010043469 A1	22-04-2010
WO 02088536 A1	07-11-2002	US 2004025489 A1 US 2002162316 A1	12-02-2004 07-11-2002
US 3657877 A	25-04-1972	CA 938114 A1 DE 2164224 A1 FR 2124979 A5 GB 1358141 A IT 947146 B JP 51005141 B SE 377711 B	11-12-1973 10-08-1972 22-09-1972 26-06-1974 21-05-1973 17-02-1976 21-07-1975
US 2008072597 A1	27-03-2008	KEINE	

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102008042828 [0002]