

(19)



(11)

EP 2 865 854 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
29.04.2015 Patentblatt 2015/18

(51) Int Cl.:
F01K 13/02^(2006.01) F01K 25/08^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13189918.9**

(22) Anmeldetag: **23.10.2013**

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

- **Grill, Andreas**
81667 München (DE)
- **Springer, Jens-Patrick**
81371 München (DE)
- **Gewald, Daniela**
83026 Rosenheim (DE)
- **Schuster, Andreas**
86874 Tussenhausen (DE)

(71) Anmelder: **Orcan Energy GmbH**
81379 München (DE)

(74) Vertreter: **Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG mbB**
Leopoldstraße 4
80802 München (DE)

(72) Erfinder:
• **Aumann, Richard**
80796 München (DE)
• **Celik, Asim**
81671 München (DE)

(54) **Vorrichtung und Verfahren zum zuverlässigen Starten von ORC Systemen**

(57) Eine thermodynamische Kreisprozessvorrichtung umfassend: ein Arbeitsmedium; einen Verdampfer (2) zum Verdampfen des Arbeitsmediums; eine Expansionsmaschine (3) zum Erzeugen von mechanischer Energie unter Entspannung des verdampften Arbeitsmediums; einen Kondensator (4) zum Kondensieren des Arbeitsmediums, und eine Pumpe (1) zum Pumpen des kondensierten Arbeitsmediums zum Verdampfer, wobei die geometrische Anordnung des Verdampfers so gewählt ist, dass vor einem Starten der Pumpe das kondensierte Arbeitsmedium vom Kondensator durch Schwerkraft zum Verdampfer fließen und das Arbeitsmedium in einem geschlossenen Kreislauf über den Verdampfer und den Kondensator umlaufen kann, wodurch insbesondere eine vorbestimmte Vorlaufhöhe des flüssigen Arbeitsmediums an der Pumpe bereit gestellt werden kann. Weiterhin ein Verfahren zum Starten der erfindungsgemäßen thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung, umfassend die folgenden Schritte: Beaufschlagen des Verdampfers mit Wärme und Verdampfen des Arbeitsmediums im Verdampfer wodurch Arbeitsmedium zum Kondensator strömt; Kondensieren des Arbeitsmediums im Kondensator; Starten der Pumpe bei Erreichen oder Überschreiten einer vorbestimmten Vorlaufhöhe des Arbeitsmediums an der Pumpe.

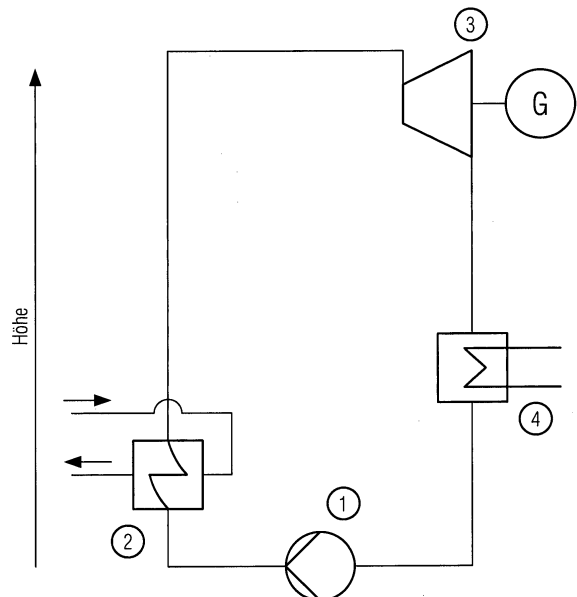


FIG. 1

EP 2 865 854 A1

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft eine thermodynamische Kreisprozessvorrichtung, insbesondere eine Organic-Rankine-Cycle-Vorrichtung, umfassend: ein Arbeitsmedium; einen Verdampfer zum Verdampfen des Arbeitsmediums; eine Expansionsmaschine zum Erzeugen von mechanischer Energie unter Entspannung des verdampften Arbeitsmediums; einen Kondensator zum Kondensieren und möglichen Unterkühlen des Arbeitsmediums, insbesondere des in der Expansionsmaschine entspannten Arbeitsmediums; und eine Pumpe zum Pumpen des kondensierten Arbeitsmediums zum Verdampfer im Betrieb der thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Starten einer derartigen thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung.

Stand der Technik

[0002] Ein ORC System besteht aus den folgenden Hauptkomponenten: Eine Speisepumpe, die das flüssige Arbeitsmedium unter großer Druckerhöhung zum Verdampfer fördert, ein Verdampfer in dem das Arbeitsmedium verdampft wird, eine Expansionsmaschine, in welcher der unter hohem Druck stehende Dampf entspannt wird und dabei mechanische Energie erzeugt wird, welche über einen Generator zu elektrischer Energie gewandelt werden kann, und einem Kondensator, in dem der Niederdruckdampf aus der Expansionsmaschine verflüssigt wird. Aus dem Kondensator gelangt das flüssige Arbeitsmedium über einen möglichen Vorratsbehälter (Speisebehälter) und eine Saugleitung wieder zur Speisepumpe des Systems.

[0003] Beim Startvorgang soll das Arbeitsmedium möglichst in ausreichender Menge in der Saugleitung der Pumpe, oder auch dem Speisebehälter vorliegen, so dass während des gesamten Starts die Pumpe ausreichend Medium zur Verfügung hat.

[0004] Eine zweite Bedingung für die störungsfreie Förderung von Arbeitsmedium durch die Pumpe ist eine ausreichende Vorlaufhöhe des an der Pumpe anliegenden Fluids (Arbeitsmediums). Die Vorlaufhöhe (NPSH) ist ein Parameter, der neben der geodätischen Vorlaufhöhe auch vom thermodynamischen Zustand des Arbeitsmediums beeinflusst wird, was wie folgt erklärt werden kann. Ist die Unterkühlung (der Abstand zum Siedepunkt) des Fluids am Eintritt der Pumpe nicht ausreichend hoch, kann es zur kurzzeitigen Verdampfung des Fluids am Pumpeneintritt kommen. Dieses Phänomen kann zu Schäden an der Pumpe und zum teilweisen oder vollständigen Erliegen des Förderstromes führen. Man spricht von Kavitation. Der Abstand zum Siededruck des Fluids am Eintritt der Pumpe wird als Vorlaufhöhe bezeichnet. Ein Parameter zur Quantifizierung dafür ist der NPSH-Wert (Net Positive Suction Head). Hierbei wird

zwischen benötigter, pumpenspezifischer ($NPSH_r$) und anliegender ($NPSH_a$) Vorlaufhöhe unterschieden, wobei der anliegende $NPSH_a$ -Wert von mehreren anlagen- und betriebsspezifischen Parametern (Temperatur, Druck aufgrund von geodätischer Vorlaufhöhe, Sättigungsdruck, Inertgaspartialdruck, wobei der Inertgaspartialdruck ein zusätzlicher Partialdruck eines nicht-kondensierenden Gases ist, das zusätzlich im Kreislauf vorliegen kann) abhängig ist. Für einen sicheren Betrieb der Pumpe muss der anliegende $NPSH_a$ -Wert immer über dem benötigten $NPSH_r$ -Wert liegen.

[0005] Speziell für Kreislaufsysteme wie einem ORC stellt Kavitation eine Herausforderung dar. Hier muss flüssiges Kondensat mit geringem oder sogar keinem Abstand zum Siedepunkt und folglich geringem anliegendem $NPSH_a$ -Wert gepumpt werden. Da der benötigte $NPSH_r$ -Wert durch die Pumpenkonstruktion festgelegt ist, kann dieser nur begrenzt beeinflusst werden und es muss prozesstechnisch zu jedem Betriebszeitpunkt sichergestellt werden, dass der anliegende $NPSH_a$ -Wert nicht den benötigten Wert unterschreitet.

[0006] Wird ein ORC System heruntergefahren z.B. durch Wegfall / Abstellen der Wärmequelle oder durch ein Notabfahren des Systems, kann es zu einer unkontrollierten Verteilung von Arbeitsmedium im System kommen (z.B. in Expansionsmaschine, horizontalen Rohren oder Flüssigkeitssäcken), wobei das Arbeitsmedium nicht zum Speisebehälter fließt. Das kann dazu führen, dass nicht ausreichend Arbeitsmedium für die Speisepumpe für den gesamten Anfahrvorgang zur Verfügung steht. Der Anfahrvorgang umfasst das Füllen des Verdampfers, Verdampfen von Arbeitsmedium und dabei Aufbau von Druck, Starten der Expansionsmaschine und Beginn der Kondensation und damit Rückfluss von Arbeitsmedium zur Speisepumpe.

[0007] Die ungünstige Verteilung von Arbeitsmedium und das damit verbundene schwierige oder sogar nicht mögliche Anfahren ist ein bekanntes Problem, wofür es nach dem Stand der Technik verschiedene Lösungsvorschläge gibt. In EP 2 613 025 A1 (System and methods for cold startup of rankine cycle devices) wird eine geordnete Verteilung des Arbeitsmediums durch ein schlagartiges Öffnen eines Ventils und ein "Freispülen" von Anlagenteilen mit Ansammlungen von flüssigem Arbeitsmedium vorgeschlagen. Hierzu werden allerdings ein oder mehrere Ventile als zusätzliche Komponenten benötigt. In EP 2 345 797 A2 (Fluid feedback pump to improve cold start performance of organic rankine cycle plants) wird das Arbeitsmedium mittels zusätzlicher Pumpen an die richtigen Stellen des Systems gepumpt. Auch hier sind zusätzliche Komponenten in Form von Pumpen notwendig um einen zuverlässigen Start des Systems zu garantieren.

[0008] Der Stand der Technik lehrt weiterhin, dass Dampfleitungen stets fallend zum Kondensator / Speisebehälter zu verlegen sind. Dies bedeutet, dass der Verdampfer an der höchsten Stelle untergebracht werden muss und im Stillstand Kondensat über den Kondensator

in Richtung Speisebehälter fließt. Dies ist aber bei der kompakten Bauweise von ORC-Systemen nur schwer oder gar nicht zu realisieren, insbesondere wenn eine maximale Bauhöhe eingehalten werden soll. Selbst wenn der Verdampfer an der höchsten Stelle untergebracht wird, was das automatische Sammeln des Arbeitsmediums im Kondensator / Speisebehälter zur Folge hätte, würde das Problem von Systemzuständen mit nicht ausreichender anliegender Vorlaufhöhe $NPSH_a$ wie oben beschrieben nicht behoben.

[0009] Durch die beiden aufgeführten Offenbarungen aus dem Stand der Technik kann aber ein weiteres Problem nicht gelöst werden: Beim Anfahren des ORC-Systems kann es zu einer Situation kommen, in der die Speisepumpe und ggf. auch deren Zuleitung eine höhere Temperatur aufweisen als das angesaugte Arbeitsmedium aus dem Kondensator oder als das gerade im Kondensator kondensierende Arbeitsmedium. Der Kondensator, der im Kreislauf als Wärmesenke dient, kann im Stillstand zur kältesten Stelle im System werden, z.B. bei Außenaufstellung des externen Kondensators an Luft bei kalten Außentemperaturen und einer sich in einem Maschinengehäuse/-gebäude befindlichen Pumpe, welche auf eine im Vergleich zur Außentemperatur höheren Temperatur temperiert ist. Aufgrund der im Kondensator großen vorhandenen Wärmeüberträgerflächen oder aufgrund der Verweilzeit des Mediums im Kondensator kann die Pumpe selbst bei gleichen Umgebungstemperaturen von Pumpe und Kondensator zeitweise höher temperiert sein als der Kondensator. Somit gibt es also eine Temperaturzunahme vom Kondensator zur Speisepumpe und diese verringert die anliegende Vorlaufhöhe am Pumpeneinlass ($NPSH_a$). Als Folge kavitiert die Pumpe und es wird kein Arbeitsmedium gefördert. Dies verhindert einen Start des Systems und kann zu Schädigungen an der Pumpe führen. Selbst nach einem Temperaturausgleich von Speisepumpe, Zuleitung und Kondensator kann, besonders bei kompakt aufgebauten Systemen ohne große Höhendifferenzen und damit geodätischer Vorlaufhöhe, die dann anliegende Vorlaufhöhe $NPSH_a$ geringer sein als die notwendige Vorlaufhöhe $NPSH_r$, was wiederum Kavitation zur Folge hat.

[0010] Das Problem der Kavitation bei ORC Anlagen ist bekannt und kann gemäß der Offenbarung in DE 10 2009 053 390 B3 z.B. durch Zugabe von Inertgas in einen Speisebehälter / Kondensator gelöst werden.

[0011] Zusammenfassend kann Folgendes als Motivation für die vorliegende Erfindung festgehalten werden. Zum sicheren Anfahren eines ORC-Systems muss ausreichend Arbeitsmedium mit einer ausreichenden Vorlaufhöhe an der Speisepumpe des Systems vorliegen. In einem ORC Kreislauf kann sich im Stillstand oder bei schlecht kontrolliertem Herunterfahren des Systems eine Fehlverteilung von flüssigem Arbeitsmedium ergeben, was ein Anfahren auf Grund von fehlendem Medium vor der Speisepumpe verhindert. Außerdem kann sich eine nachteilige Temperaturverteilung im Arbeitsmedienkreis einstellen, z.B. könnte das Arbeitsmedium im

Vorlagebereich der Speisepumpe wärmer sein als an der kältesten Stelle im System. Durch die in diesem Zustand geringe an der Pumpe anliegende Vorlaufhöhe kann es zur Kavitation der Pumpe kommen. Dies verhindert einen zuverlässigen Start des Systems. Bei kälterer Witterung kann außerdem ein kalter Systemzustand das Anfahren der Anlage verhindern. Beispielsweise kann es zu einer Viskositätssteigerung des Arbeitsmediums oder eines weiteren im Kreislauf vorhandenen Mediums, wie z.B. ein Schmiermittel, kommen, was ein Fördern des Mediums durch die Speisepumpe beeinträchtigen kann.

Beschreibung der Erfindung

[0012] Aufgabe der Erfindung ist es, die oben beschriebenen Nachteile zumindest teilweise zu überwinden.

[0013] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung nach Anspruch 1.

[0014] Die erfindungsgemäße thermodynamische Kreisprozessvorrichtung, insbesondere ORC-Vorrichtung, umfasst ein Arbeitsmedium; einen Verdampfer zum Verdampfen und optional zusätzlichen Überhitzen des Arbeitsmediums; eine Expansionsmaschine zum Erzeugen von mechanischer Energie unter Entspannung des verdampften Arbeitsmediums; einen Kondensator zum Kondensieren und optional zusätzlichen Unterkühlen des Arbeitsmediums, insbesondere des in der Expansionsmaschine entspannten Arbeitsmediums; und eine Pumpe zum Pumpen des kondensierten Arbeitsmediums zum Verdampfer im Betrieb der thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung, wobei die geometrische Anordnung des Verdampfers so gewählt ist, dass vor einem Starten der Pumpe das kondensierte Arbeitsmedium vom Kondensator durch Schwerkraft zum Verdampfer fließen und das Arbeitsmedium in einem geschlossenen Kreislauf über den Verdampfer und den Kondensator umlaufen kann, wodurch insbesondere wenigstens eine vorbestimmte Mindest-Vorlaufhöhe des flüssigen Arbeitsmediums an der Pumpe bereit gestellt werden kann.

[0015] Vorteilhaft ist dabei, dass eine zum störungsfreien Starten der Pumpe hinreichende Vorlaufhöhe beim Anfahren der thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung bereitgestellt wird. Der geschlossene Kreislauf (wobei im Stillstand Absperreinrichtungen, welche die Zirkulation hindern könnten, nicht geschlossen sind) ist in der Art konstruiert, dass das im Kreislauf befindliche Fluid durch Gravitationskräfte ohne zusätzlichen Antrieb zum Verdampfer strömt. Beim Start des Systems aus dem Stillstand wird der Verdampfer mit Wärme beaufschlagt, so dass dieser die wärmste Komponente im System ist. Das darin befindliche Arbeitsmedium wird verdampft und möglicherweise auch überhitzt und der entstandene Dampf heizt alle über dem Verdampfer liegenden Anlagenteile. Sollte sich in anderen Anlagenteilen (z.B. in Expansionsmaschine, horizontalen Rohren oder Flüssigkeitssäcken) flüssiges Medium angesammelt haben, wird dieses durch die Erwärmung verdampft und kondensiert anschließend an der kältes-

ten Stelle der Anlage. Die kälteste Stelle im System ist im Normalfall der Kondensator. Sollte dies im Stillstand nicht der Fall sein, kann der Kondensator über eine Regelung der Wärmesenke als kälteste Stelle eingestellt werden (z.B. Start der Kühlung am Kondensator). Vom Kondensator aus strömt das Arbeitsmedium als Vorlage zur Speisepumpe. Die geometrische Anordnung wird so gewählt (Höhenunterschied), dass das Kondensat durch Schwerkraft zum Verdampfer fließen kann (Dichteunterschied zwischen Dampf und Flüssigkeit). Es entsteht ein Naturumlauf, der eine selbständige Ordnung des flüssigen Arbeitsmediums einstellt. Das bedeutet, dass flüssiges Arbeitsmedium im tiefliegenden Anlagenteil (u.a. vor der Pumpe) gesammelt wird, und dass vor einem Start der Pumpe ausreichend Arbeitsmedium mit hinreichender Vorlaufhöhe vor der Pumpe vorhanden ist.

[0016] Gemäß einer Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann sich der Verdampfer in der geometrischen Anordnung in einer geringeren Höhe als der Kondensator befinden. Ein gegenüber dem Kondensator tiefliegender Verdampfer und ggf. auch tiefer liegende Rohrleitungen stellen eine Möglichkeit dar, dass das im Kreislauf befindliche Fluid durch Gravitationskräfte ohne zusätzlichen Antrieb zum Verdampfer strömt.

[0017] Eine andere Weiterbildung besteht darin, dass der geschlossene Kreislauf zwischen Kondensator und Verdampfer auch die nichtgestartete Pumpe umfasst und/oder wobei der geschlossene Kreislauf zwischen Verdampfer und Kondensator auch die Expansionsmaschine umfasst. Auf diese Weise kann bei im Stillstand fluiddurchlässigen Bauformen der Pumpe das Arbeitsmedium im Kreislauf auch durch die Pumpe strömen, ohne dass diese gestartet ist.

[0018] Nach einer anderen Weiterbildung kann sich die Pumpe in einer geringeren Höhe als der Verdampfer befinden. Somit kann die Vorlaufhöhe weiter gesteigert werden.

[0019] Eine andere Weiterbildung besteht darin, dass die thermodynamische Kreisprozessvorrichtung weiterhin ein Bypassventil zur Umgehung der Expansionsmaschine im Kreislauf umfassen kann.

[0020] Gemäß einer anderen Weiterbildung kann die thermodynamische Kreisprozessvorrichtung weiterhin einen Speisebehälter zum Sammeln des kondensierten Arbeitsmediums umfassen, wobei der Speisebehälter im geschlossenen Kreislauf zwischen Kondensator und Verdampfer, insbesondere zwischen Kondensator und Pumpe angeordnet ist.

[0021] Eine andere Weiterbildung besteht darin, dass weiterhin wenigstens ein Sensor zum Messen der Vorlaufhöhe des Arbeitsmediums vor der Pumpe, insbesondere ein Sensor zum Messen des Drucks des Arbeitsmediums und/oder ein Sensor zum Messen der Temperatur des Arbeitsmediums vorgesehen sein können.

[0022] Nach einer anderen Weiterbildung kann die thermodynamische Kreisprozessvorrichtung weiterhin ein Bypassventil zur Umgehung der Pumpe im Kreislauf umfassen.

[0023] Gemäß einer anderen Weiterbildung kann die thermodynamische Kreisprozessvorrichtung weiterhin einen Rekuperator zum Übertragen von Wärmeenergie von dem entspannten Arbeitsmedium auf das zwischen Pumpe und Verdampfer gepumpte Arbeitsmediums im Betrieb der thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung umfassen, wobei der Rekuperator zwischen Expansionsmaschine und Kondensator angeordnet ist; und ein Bypassventil zum Überbrücken des Rekuperators im Kreislauf, wobei das Bypassventil zum Überbrücken des Rekuperators insbesondere auch das Bypassventil zur Umgehung der Pumpe sein kann.

[0024] Wenn ein Rekuperator eingesetzt wird, und beispielsweise die Rohrleitung zwischen Pumpe und Verdampfer über den Rekuperator läuft, um das darin gepumpte Arbeitsmedium im Betrieb (Normalbetrieb) der thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung mit Wärme aus dem entspannten verdampften Arbeitsmedium nach der Expansionsmaschine und vor dem Kondensator vorzuwärmen, so muss zum erfindungsgemäßen Starten der Kreisprozessvorrichtung ein Bypassventil zum Überbrücken des Rekuperators vorgesehen sein, weil ansonsten durch den Rekuperator, der höher als der Verdampfer angeordnet ist, kein Naturumlauf erfolgen kann.

[0025] Die oben genannte Aufgabe wird weiterhin gelöst durch ein Verfahren nach Anspruch 10.

[0026] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Starten einer erfindungsgemäßen thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung oder einer deren Weiterbildungen umfasst die folgenden Schritte: Beaufschlagen des Verdampfers mit Wärme und Verdampfen des Arbeitsmediums im Verdampfer, optional zusätzlich auch Überhitzen des Arbeitsmediums im Verdampfer, wodurch Arbeitsmedium zum Kondensator strömt; Kondensieren des Arbeitsmediums im Kondensator; Starten der Pumpe bei Erreichen oder Überschreiten einer vorbestimmten Vorlaufhöhe des Arbeitsmediums an der Pumpe.

[0027] Das erfindungsgemäße Verfahren hat die Vorteile, die bereits im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung beschrieben worden sind.

[0028] Das erfindungsgemäße Verfahren kann dahingehen weitergebildet werden, dass das Starten der Pumpe nach Erreichen oder Überschreiten einer gemessenen Vorlaufhöhe erfolgt oder nach einer vorbestimmten Zeit nach dem Beginn des Beaufschlagens des Verdampfers mit Wärme erfolgen kann.

[0029] Nach einer anderen Weiterbildung kann das Verfahren die folgenden weiteren Schritte umfassen: Einstellen der Kondensationstemperatur auf einen ersten Temperaturwert; und Einstellen der Kondensationstemperatur auf einen zweiten Temperaturwert nachdem das kondensierte Arbeitsmedium mit dem ersten Temperaturwert die Pumpe erreicht hat; wobei der zweite Temperaturwert größer als der erste Temperaturwert ist. Die kälteste Stelle im System ist im Normalfall der Kondensator. Sollte dies im Stillstand nicht der Fall sein, kann der Kondensator auf diese Weise z.B. über eine Rege-

lung der Wärmesenke als kälteste Stelle eingestellt werden (z.B. Start der Kühlung am Kondensator).

[0030] Gemäß einer anderen Weiterbildung kann das Einstellen der Kondensationstemperatur auf einen zweiten Temperaturwert durch eine Absenkung der Drehzahl eines Kondensatorlüfters und/oder durch Absenkung eines Kühlwassermassenstroms oder des Luftmassenstroms und/oder durch eine Temperaturerhöhung des Kühlwassermassenstroms oder des Luftmassenstroms durch den Kondensator erfolgen. Es können alternativ oder zusätzlich auch weitere Maßnahmen, wie z.B. das Schließen von Jalousien oder Klappen des Kondensators zu einer Erhöhung der Kondensationstemperatur führen.

[0031] Eine andere Weiterbildung besteht darin, dass die weiteren Schritte Öffnen des Expansionsmaschinen-Bypassventils vor oder zeitgleich mit dem Beaufschlagen des Verdampfers mit Wärme oder Öffnen des Expansionsmaschinen-Bypassventils eine vorbestimmte erste Zeitdauer nach dem Beaufschlagen des Verdampfers mit Wärme oder nach Erreichen eines vorbestimmten ersten Drucks an der Expansionsmaschine; und Schließen des Expansionsmaschinen-Bypassventils nach oder zeitgleich mit dem Start der Pumpe oder Schließen des Expansionsmaschinen-Bypassventils eine vorbestimmte zweite Zeitdauer vor dem Start der Pumpe oder nach Erreichen eines vorbestimmten zweiten Drucks an der Expansionsmaschine vorgesehen sein können.

[0032] Nach einer anderen Weiterbildung können die folgenden weiteren Schritte vorgesehen sein: Öffnen des Pumpen-Bypassventils und/oder Rekuperator-Bypassventils vor, während oder eine vorbestimmte dritte Zeitdauer nach dem Beaufschlagen des Verdampfers mit Wärme; und Schließen des Pumpen-Bypassventils und/oder Rekuperator-Bypassventils nach, während oder eine vorbestimmte vierte Zeitdauer vor dem Start der Pumpe.

[0033] Die genannten Weiterbildungen können einzeln eingesetzt oder geeignet miteinander kombiniert werden.

[0034] Weitere Merkmale und beispielhafte Ausführungsformen sowie Vorteile der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es versteht sich, dass die Ausführungsformen nicht den Bereich der vorliegenden Erfindung erschöpfen. Es versteht sich weiterhin, dass einige oder sämtliche der im Weiteren beschriebenen Merkmale auch auf andere Weise miteinander kombiniert werden können.

Zeichnungen

[0035]

Figur 1 zeigt die Höhenanordnung in einer thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung, insbesondere in einem ORC-System, gemäß der vorliegenden Erfindung.

Figur 2 zeigt eine Ausführungsform mit kombinierbaren vorteilhaften Weiterbildungen der thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung gemäß Figur 1.

Figur 3 zeigt eine andere Ausführungsform der erfindungsgemäßen thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung.

10 Ausführungsformen

[0036] Figur 1 zeigt eine thermodynamische Kreisprozessvorrichtung, insbesondere ein ORC-System und die höhengeordnete Anordnung der Hauptkomponenten. Das System umfasst eine Speisepumpe 1, die das flüssige Arbeitsmedium unter großer Druckerhöhung zu einem Verdampfer 2 fördert, in dem das Arbeitsmedium verdampft wird, eine Expansionsmaschine 3, in welcher der unter hohem Druck stehende Dampf entspannt wird und dabei mechanische Energie erzeugt wird. Diese kann beispielsweise über einen Generator G in elektrische Energie gewandelt werden. Aus dem Kondensator 4, in dem der Niederdruckdampf aus der Expansionsmaschine 3 verflüssigt wird, gelangt das flüssige Arbeitsmedium über einen möglichen (optionalen) Vorratsbehälter (Speisebehälter) und eine Saugleitung wieder zur Speisepumpe 1 des Systems.

[0037] Im Folgenden wird eine Beschreibung des Anfahrvorgangs gegeben und die Problemlösung durch die beschriebene Anordnung dargelegt.

[0038] Automatische Ordnung des flüssigen Arbeitsmediums: Die Anlage soll aus dem Stillstand anfahren. Zunächst wird der Verdampfer mit Wärme beaufschlagt (Sollte die Wärme nicht ungesteuert z.B. durch dauerhafte Durchströmung mit einem Wärmeträgermedium am Verdampfer anliegen, muss diese zugeschaltet werden). Im Verdampfer bildet sich Dampf, der die Anlagenkomponenten erwärmt, in anderen Anlagenteilen (z.B. in Expansionsmaschine, horizontalen Rohren oder Flüssigkeitssäcken) flüssig lagerndes Arbeitsmedium verdampft und mit diesen zusammen zum Kondensator strömt und dort nach einiger Zeit verflüssigt wird. Es passiert somit eine Fluidverlagerung vom Verdampfer zum Kondensator. Dies führt zu einem Anstieg des Fluidspiegels auf der Kondensatorseite, was wiederum zu einem Druckgradienten von der kalten Kondensatorseite zur warmen Verdampferseite führt. Durch die beschriebene Verbindung (ohne geschlossene Absperreinrichtungen) wird eine Strömung erzeugt, die Medium aus dem Kondensator über die Pumpe zum Verdampfer strömen lässt. Die Strecke muss dabei so konzipiert sein, dass sich die Strömung allein durch die Schwerkraft einstellt. Es müssen hierfür die Druckverluste der verbauten Komponenten oder Öffnungsdrücke verbauter Ventile beachtet werden.

[0039] Erzeugung von Vorlaufhöhe und Systemstart: Die geordnete Verteilung von flüssigem Medium (wie oben beschrieben) und sammeln einer ausreichende

Menge an Arbeitsmedium vor der Pumpe garantiert allerdings noch nicht, dass das Medium mit ausreichender Vorlaufhöhe (NPSH_a) an der Pumpe anliegt um den Start der Pumpe zu ermöglichen. Um eine ausreichende Vorlaufhöhe herzustellen, kann folgendermaßen vorgegangen werden. Durch eine Kühlung des Kondensators (durch eine Wärmesenke wie z.B. Umgebungsluft oder Kühlwasser) wird zunächst die Kondensationstemperatur und folglich der Druck im Kondensator verringert. Kondensat mit geringer Temperatur strömt aus dem Kondensator in den Speisebehälter (falls vorhanden) und folgend in die Zuleitung zur Pumpe. Nach einiger Zeit erreicht das Fluid mit der sich einstellenden niedrigen Kondensationstemperatur durch den Naturumlauf die Pumpe. Nun wird, z.B. durch eine Regelung der Wärmesenke, die Temperatur im Kondensator angehoben womit auch der Druck im Kondensator steigt. Dies kann z.B. durch eine Absenkung der Drehzahl eines Kondensatorlüfters und/oder durch Absenkung eines Kühlwassermassenstroms oder des Luftmassenstroms und/oder durch eine Temperaturerhöhung des Kühlwassermassenstroms oder des Luftmassenstroms durch den Kondensator erfolgen. Durch das kältere, an der Pumpe anliegende Fluid, und dem gestiegenen Druck im Kondensator, erhöht sich die anliegende Vorlaufhöhe an der Pumpe. Nach Überschreitung eines Grenzwertes der Vorlaufhöhe (NPSH_a > NPSH_r) oder nach einer gewissen, erfahrungsbasierten Zeit, kann die Pumpe gestartet werden um den regulären Anfahrprozess des ORC-Systems zu beginnen.

[0040] Der Stand der Technik lehrt im Gegensatz dazu (wie oben dargelegt), dass Dampfleitungen stets fallend zum Kondensator / Speisebehälter zu verlegen sind.

[0041] Die Vorrichtung nach Figur 2 umfasst zur Verbesserung der in Figur 1 dargestellten Anordnung zusätzliche Komponenten. Diese und deren Funktion werden anhand von im Folgenden beschrieben.

[0042] Komponente 5 bezeichnet ein Bypassventil an der Expansionsmaschine 3. Dieses Bypassventil 5 über die Expansionsmaschine ermöglicht z.B. bei volumetrischen Expansionsmaschinen, dass eine ausreichende Menge vom im Verdampfer erzeugten Dampf zum Kondensator 4 strömen kann. Das Bypassventil kann außerdem als Not-Abfahrventil dienen, das im Gefahrenfall eine schnelle Entspannung des Hochdruckdampfes vor der Expansionsmaschine ermöglicht. Das Bypassventil kann z.B. als stromlos geöffnetes Magnetventil ausgeführt werden. Im Falle des Anfahrens mit der beschriebenen Anordnung der Komponenten bleibt das Ventil geöffnet und ermöglicht somit den natürlichen Umlauf des Arbeitsmediums. Das Ventil wird für die beschriebene Funktion benötigt, wenn die Arbeitsmedienmenge über eine stillstehende (oder auch drehende) Expansionsmaschine nicht für die angestrebte natürliche Umwälzung des Fluids ausreicht.

[0043] Die Komponente 6 bezeichnet einen Speisebehälter. Der Speisebehälter kann benötigt werden um in jedem Betriebszustand ausreichend Arbeitsmedium an

der Speisepumpe anliegend zur Verfügung zu stellen. Er puffert die Gesamtmenge Arbeitsmedium und verhindert somit den Stillstand der Anlage bei Verlust von Arbeitsmedium, Ungleichverteilung von Arbeitsmedium, unterschiedlichen Dampfdichten und damit Dampfmassen bei Betrieb und Stillstand oder ungenauer Befüllung des Systems. In Verbindung mit der Benutzung mit Inertgas fällt dem Behälter eine weitere Funktion zu. Er erhöht das Gasvolumen im System. Damit kann die Vorlaufhöhe über alle Betriebszustände hinweg relativ konstant gehalten werden (siehe dazu auch die Offenbarung in DE 10 2009 053 390 B3). Bei Verwendung von Inertgas zur Verhinderung von Kavitation ergibt sich ein weiterer Vorteil durch die beschriebene Anordnung im Naturumlauf. Eine stetige Umwälzung von Arbeitsmedium, die alleine durch den Temperaturunterschied und den daraus resultierenden Druckunterschied zwischen Verdampfer und Kondensator hervorgerufen wird und unabhängig vom Betrieb der Speisepumpe ist, sorgt dafür, dass sich das im Kreislauf befindliche Inertgas automatisch im Kondensator und Speisebehälter sammelt. Wie in DE 10 2009 053 390 B3 beschrieben, erhöht das Inertgas, das im Speisebehälter vorliegt, aufgrund seines konzentrationsabhängigen Partialdrucks die Vorlaufhöhe zur Pumpe. Da sich das Inertgas im Stillstand durch Diffusion in der gesamten Anlage verteilt und somit der Partialdruck im Speisebehälter sinkt, kann ohne eine Konzentration des Inertgases im Speisebehälter durch z.B. den beschriebenen Naturumlauf ein kavitationsfreies Anfahren der Pumpe aus dem Stillstand nicht immer gewährleistet werden. Dies muss durch eine größere Inertgasmenge und / oder einen größeren Speisebehälter mit größerem Dampfvolumen kompensiert werden, so dass das System auch aus dem Stillstand sicher angefahren werden kann. Die nötige Inertgasmenge kann durch das beschriebene Verfahren verringert werden, was zu einer steigenden Druckdifferenz an der Expansionsmaschine und einer höheren erzeugten Leistung führt (Steigerung der Systemeffizienz).

[0044] Die Komponente 7 bezeichnet Sensoren zur Messung der anliegenden Vorlaufhöhe (NPSH_a). Durch eine mögliche Anbringung von Sensoren (hier z.B. Druck P und Temperatur T) kann die Vorlaufhöhe (NPSH_a) bestimmt werden. Dies kann als Startkriterium für den Start der Pumpe beim beschriebenen Anfahrvorgang des Systems dienen.

[0045] Die Komponente 8 bezeichnet ein Bypassventil um die Speisepumpe. Dieses Ventil 8 zur Umgehung der Speisepumpe kann im beschriebenen Fall verwendet werden, um eine ausreichende Strömung von flüssigem Arbeitsmedium vom Kondensator zum Verdampfer zu gewährleisten. Dies wird beispielsweise notwendig, wenn die Speisepumpe auf Grund ihrer Konstruktion / Bauform (z.B. Verdrängerpumpe) im Stillstand undurchlässig für Medium ist. Ein weiterer Grund könnte die große zu überwindende Höhendifferenz in der Pumpe (z.B. in vertikalen mehrstufigen Kreiselpumpen) sein, welche eine natürliche Strömung verhindert. Das Bypassventil

kann schaltbar oder regelbar gestaltet werden. Außerdem kann es als federbelastetes Ventil mit einstellbaren oder festen Öffnungs- und Schließdrücken ausgeführt werden. Das Ventil öffnet somit erst bei einer gewissen anliegenden Druckdifferenz zwischen Saug- und Druckseite der Pumpe und bleibt im Betrieb der Anlage geschlossen oder das Ventil ist bis zu einer gewissen Druckdifferenz zwischen Druck- und Saugseite geöffnet und schließt automatisch bei Betrieb ab dieser gewissen Druckdifferenz zwischen Druck- und Saugseite. Die Druckdifferenz zum Öffnen des Ventils muss so klein sein, dass eine natürliche Umwälzung möglich ist. Außerdem kann das Ventil als Sicherheitsventil im Gefahrenfall dienen. Durch das schnelle Öffnen des Ventils im Gefahrenfall kann Medium aus dem Verdampfer in Richtung Kondensator fließen. Dies verhindert einen übermäßigen Druckanstieg im Verdampfer durch weiteres Verdampfen von Arbeitsmedium. Um Zurückströmen von Arbeitsmedium vom Verdampfer zur Pumpe in gewissen Betriebspunkten zu verhindern, beispielsweise zum Schutz der Pumpe vor heißem Arbeitsmedium, kann zudem ein Rückschlagventil (nicht in Zeichnung dargestellt) stromabwärts der Pumpe eingesetzt werden.

[0046] In Figur 3 ist eine Ausführungsform der thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung mit einem Rekuperator 9 dargestellt. Der Rekuperator 9 dient zum Übertragen von Wärmeenergie von dem entspannten Arbeitsmedium auf das zwischen Pumpe 1 und Verdampfer 2 gepumpte Arbeitsmedium im Betrieb der thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung, wobei der Rekuperator 9 zwischen Expansionsmaschine 3 und Kondensator 4 angeordnet ist. Weiterhin ist ein Bypassventil 8 zum Überbrücken des Rekuperators 9 im Kreislauf vorgesehen, wobei das Bypassventil 8 zum Überbrücken des Rekuperators 9 hier gleichzeitig auch das Bypassventil 8 zur Umgehung der Pumpe 1 ist. Wenn die Rohrleitung zwischen Pumpe 1 und Verdampfer 2 über den Rekuperator 9 läuft, um das darin gepumpte Arbeitsmedium im Normalbetrieb der thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung mit Wärme aus dem entspannten verdampften Arbeitsmedium zwischen der Expansionsmaschine 3 und dem Kondensator 4 vorzuwärmen, so muss zum erfindungsgemäßen Starten der Kreisprozessvorrichtung das Bypassventil 8 zum Überbrücken des Rekuperators 9 geöffnet sein, weil durch den Rekuperator 9, der höher als der Verdampfer 2 angeordnet ist, ansonsten kein Naturumlauf des Arbeitsmediums erfolgen kann.

[0047] Zusammenfassend ist festzustellen: Das erfindungsgemäße Verfahren sowie die erfindungsgemäße Vorrichtung (Höhenanordnung) stellen sicher, dass der ORC zuverlässig und schnell gestartet werden kann. Das Verfahren benötigt in der einfachen Anordnung keinerlei Sensoren oder Aktoren (z.B. Ventile) zum sicheren Start. Durch die automatische Verteilung des Arbeitsmediums im System kann im Vergleich zu anders angeordneten Systemen (z.B. mit erhöht angebrachten Verdampfer und tiefliegenden Kondensator oder Expansionsmaschine) die Gesamtmenge an Arbeitsmedium im System re-

duziert werden, da durch die antriebslose Ordnung von flüssigen Arbeitsmedium immer ausreichend Fluid in der Saugleitung der Pumpe vorliegt. Die automatische Aufheizung des Systems durch den Naturumlauf bei Wärmezufuhr sorgt für eine Vorwärmung der Komponenten. Bei kalter Witterung kann dies den Start des Systems beschleunigen und sich verlängernd auf die Lebensdauer der Komponenten auswirken. Das sichere, kavitationsfreie Anfahren der Anlage verhindert mögliche Schäden an der Pumpe, die durch eine (Teil-) Kavitation an der Pumpe auftreten können. Durch das Verfahren kann eine ausreichende Vorlaufhöhe für die Speisepumpe im Anfahrvorgang gewährleistet werden. Somit können andere Methoden, welche ansonsten zum Erzeugen einer Vorlaufhöhe nötig wären, wegfallen bzw. deren Auswirkung auf den Wirkungsgrad der Anlage können verringert werden. Da andere Methoden (z.B. Unterkühlung des Kondensats oder Inertgaszugabe) leistungsmindernd auswirken, führt die beschriebene Methode zum Anstieg der Gesamteffizienz des ORC Systems. Durch das beschriebene Verfahren kann die Füllmenge an Arbeitsmedium eingespart werden. Die Erfahrung zeigt, dass die Startfähigkeit von ORC-Systemen sonst nur durch große Mengen an Arbeitsmedium garantiert werden kann. Das Arbeitsmedium hat mit Preisen von 20-80 €/kg einen erheblichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit von ORC-Systemen. Durch geringere Inhaltsmengen können außerdem vorgeschriebene Wartungsintervalle verlängert und der Wartungsaufwand reduziert werden (F-Gas Regulation) was zu deutlichen Kostensenkungen im Betrieb führen kann. Zu beachten ist jedoch, dass der Wärmeeintrag ins System nicht selbsthemmend - wie z.B. durch einen oben liegenden Verdampfer - gestoppt werden kann. Dies kann zwar ein Nachteil z.B. für Wartungstätigkeiten sein, wobei gegebenenfalls der Wärmeeintrag über andere, zusätzliche Maßnahmen verhindert werden muss.

[0048] Die dargestellten Ausführungsformen sind lediglich beispielhaft und der vollständige Umfang der vorliegenden Erfindung wird durch die Ansprüche definiert.

Patentansprüche

1. Thermodynamische Kreisprozessvorrichtung, insbesondere eine Organic-Rankine-Cycle-Vorrichtung, umfassend:

ein Arbeitsmedium;
einen Verdampfer zum Verdampfen und optional zusätzlichen Überhitzen des Arbeitsmediums;
eine Expansionsmaschine zum Erzeugen von mechanischer Energie unter Entspannung des verdampften Arbeitsmediums;
einen Kondensator zum Kondensieren und optional zusätzlichen Unterkühlen des Arbeitsmediums, insbesondere des in der Expansionsma-

- schine entspannten Arbeitsmediums; und eine Pumpe zum Pumpen des kondensierten Arbeitsmediums zum Verdampfer im Betrieb der thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung; wobei die geometrische Anordnung des Verdampfers so gewählt ist, dass vor einem Starten der Pumpe das kondensierte Arbeitsmedium vom Kondensator durch Schwerkraft zum Verdampfer fließen und das Arbeitsmedium in einem geschlossenen Kreislauf über den Verdampfer und den Kondensator umlaufen kann, wodurch insbesondere wenigstens eine vorbestimmte Mindest-Vorlaufhöhe des flüssigen Arbeitsmediums an der Pumpe bereit gestellt werden kann.
2. Thermodynamische Kreisprozessvorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Verdampfer sich in der geometrischen Anordnung in einer geringeren Höhe als der Kondensator befindet.
 3. Thermodynamische Kreisprozessvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei der geschlossene Kreislauf zwischen Kondensator und Verdampfer auch die nichtgestartete Pumpe umfasst und/oder wobei der geschlossene Kreislauf zwischen Verdampfer und Kondensator auch die Expansionsmaschine umfasst.
 4. Thermodynamische Kreisprozessvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei sich die Pumpe in einer geringeren Höhe als der Verdampfer befindet.
 5. Thermodynamische Kreisprozessvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, weiterhin ein Bypassventil zur Umgehung der Expansionsmaschine im Kreislauf umfassend.
 6. Thermodynamische Kreisprozessvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, weiterhin einen Speisebehälter zum Sammeln des kondensierten Arbeitsmediums umfassend, wobei der Speisebehälter im geschlossenen Kreislauf zwischen Kondensator und Verdampfer, insbesondere zwischen Kondensator und Pumpe angeordnet ist.
 7. Thermodynamische Kreisprozessvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, weiterhin umfassend: wenigstens einen Sensor zum Messen der Vorlaufhöhe des Arbeitsmediums vor der Pumpe, insbesondere einen Sensor zum Messen des Drucks des Arbeitsmediums und/oder einen Sensor zum Messen der Temperatur des Arbeitsmediums.
 8. Thermodynamische Kreisprozessvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, weiterhin ein Bypassventil zur Umgehung der Pumpe im Kreislauf umfas-
- send.
9. Thermodynamische Kreisprozessvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, weiterhin umfassend: einen Rekuperator zum Übertragen von Wärmeenergie von dem entspannten Arbeitsmedium auf das zwischen Pumpe und Verdampfer gepumpte Arbeitsmedium im Betrieb der thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung, wobei der Rekuperator zwischen Expansionsmaschine und Kondensator angeordnet ist; und ein Bypassventil zum Überbrücken des Rekuperators im Kreislauf, wobei in Kombination mit Anspruch 8 das Bypassventil zum Überbrücken des Rekuperators insbesondere auch als Bypassventil zur Umgehung der Pumpe vorgesehen ist.
 10. Verfahren zum Starten einer thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:
 - Beaufschlagen des Verdampfers mit Wärme und Verdampfen des Arbeitsmediums im Verdampfer, optional zusätzlich auch Überhitzen des Arbeitsmediums im Verdampfer, wodurch Arbeitsmedium zum Kondensator strömt; Kondensieren des Arbeitsmediums im Kondensator; Starten der Pumpe bei Erreichen oder Überschreiten einer vorbestimmten Vorlaufhöhe des Arbeitsmediums an der Pumpe.
 11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei das Starten der Pumpe nach Erreichen oder Überschreiten einer gemessenen Vorlaufhöhe erfolgt oder nach einer vorbestimmten Zeit nach dem Beginn des Beaufschlagens des Verdampfers mit Wärme erfolgt.
 12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, mit den weiteren Schritten:
 - Einstellen der Kondensationstemperatur auf einen ersten Temperaturwert; und
 - Einstellen der Kondensationstemperatur auf einen zweiten Temperaturwert nachdem das kondensierte Arbeitsmedium mit dem ersten Temperaturwert die Pumpe erreicht hat; wobei der zweite Temperaturwert größer als der erste Temperaturwert ist.
 13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei das Einstellen der Kondensationstemperatur auf einen zweiten Temperaturwert durch eine Absenkung der Drehzahl eines Kondensatorlüfters und/oder durch Absenkung eines Kühlwassermassenstroms oder des

Luftmassenstroms und/oder durch eine Temperaturerhöhung des Kühlwassermassenstroms oder des Luftmassenstroms durch den Kondensator erfolgt.

5

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, mit den weiteren Schritten:

Öffnen des Expansionsmaschinen-Bypassventils vor oder zeitgleich mit dem Beaufschlagen des Verdampfers mit Wärme oder Öffnen des Expansionsmaschinen-Bypassventils eine vorbestimmte erste Zeitdauer nach dem Beaufschlagen des Verdampfers mit Wärme oder nach Erreichen eines vorbestimmten ersten Drucks an der Expansionsmaschine; und Schließen des Expansionsmaschinen-Bypassventils nach oder zeitgleich mit dem Start der Pumpe oder Schließen des Expansionsmaschinen-Bypassventils eine vorbestimmte zweite Zeitdauer vor dem Start der Pumpe oder nach Erreichen eines vorbestimmten zweiten Drucks an der Expansionsmaschine.

10

15

20

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, mit den weiteren Schritten:

25

Öffnen des Pumpen-Bypassventils und/oder Rekuperator-Bypassventils vor, während oder eine vorbestimmte dritte Zeitdauer nach dem Beaufschlagen des Verdampfers mit Wärme; und Schließen des Pumpen-Bypassventils und/oder Rekuperator-Bypassventils nach, während oder eine vorbestimmte vierte Zeitdauer vor dem Start der Pumpe.

30

35

40

45

50

55

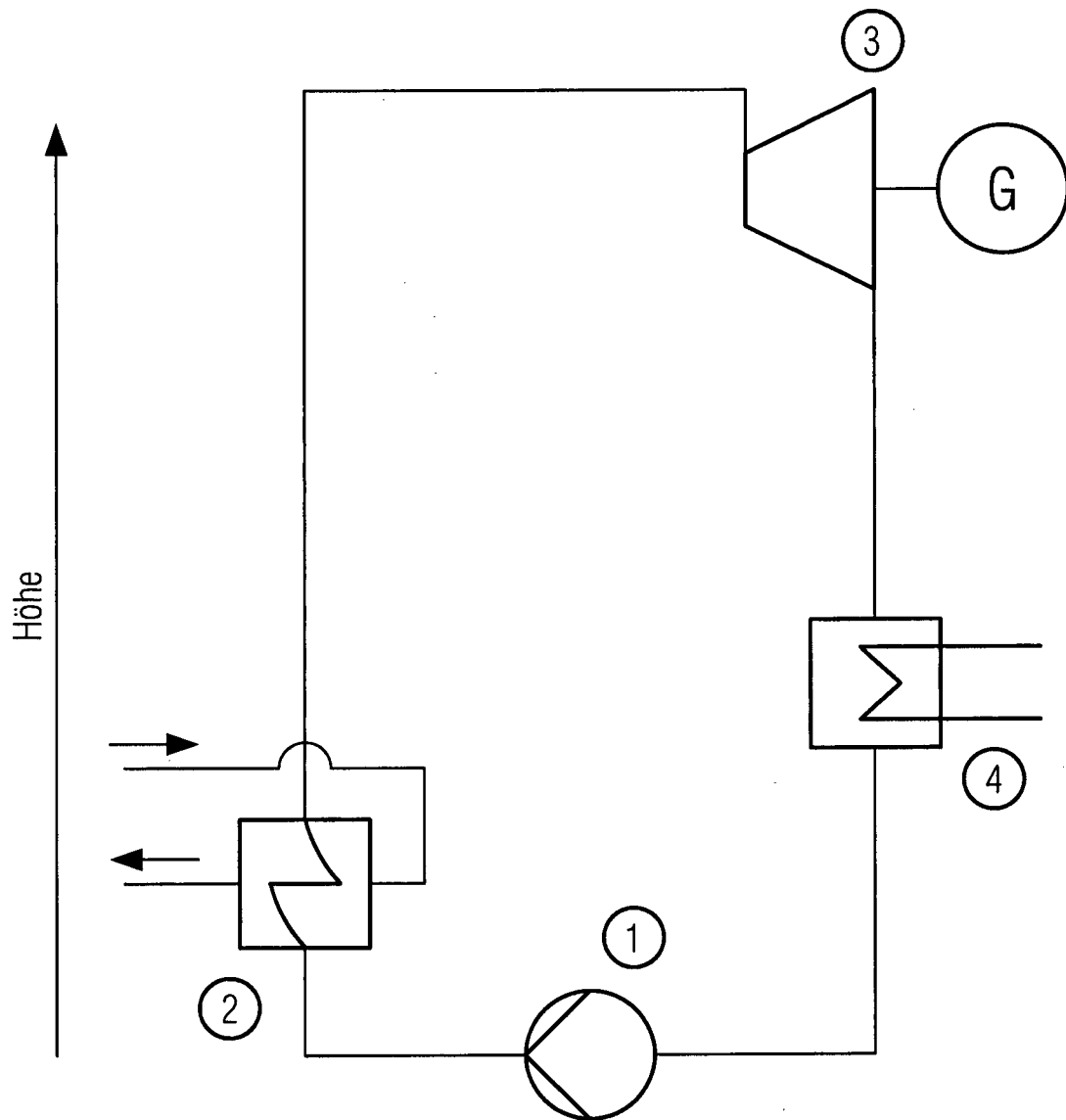


FIG. 1

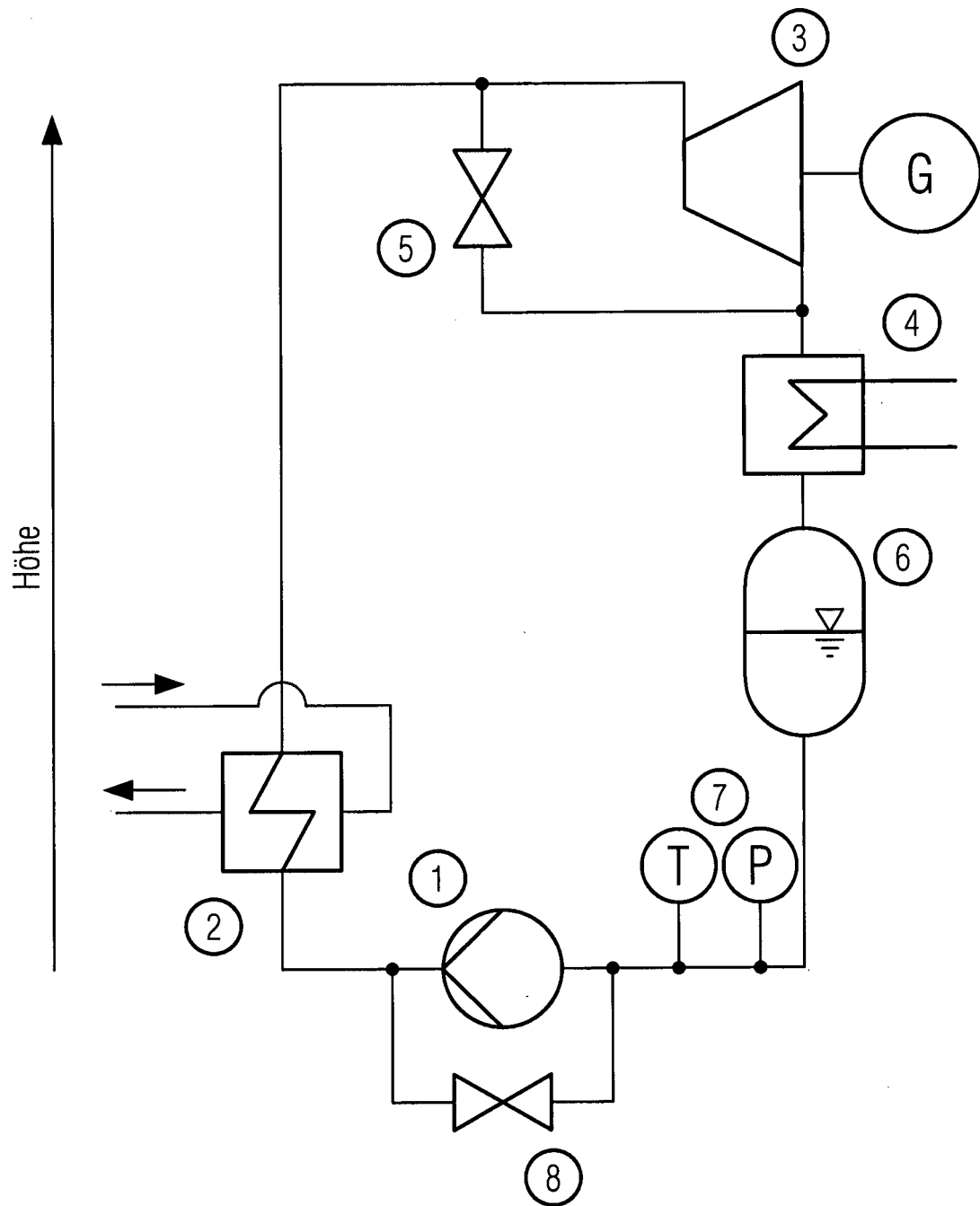


FIG. 2

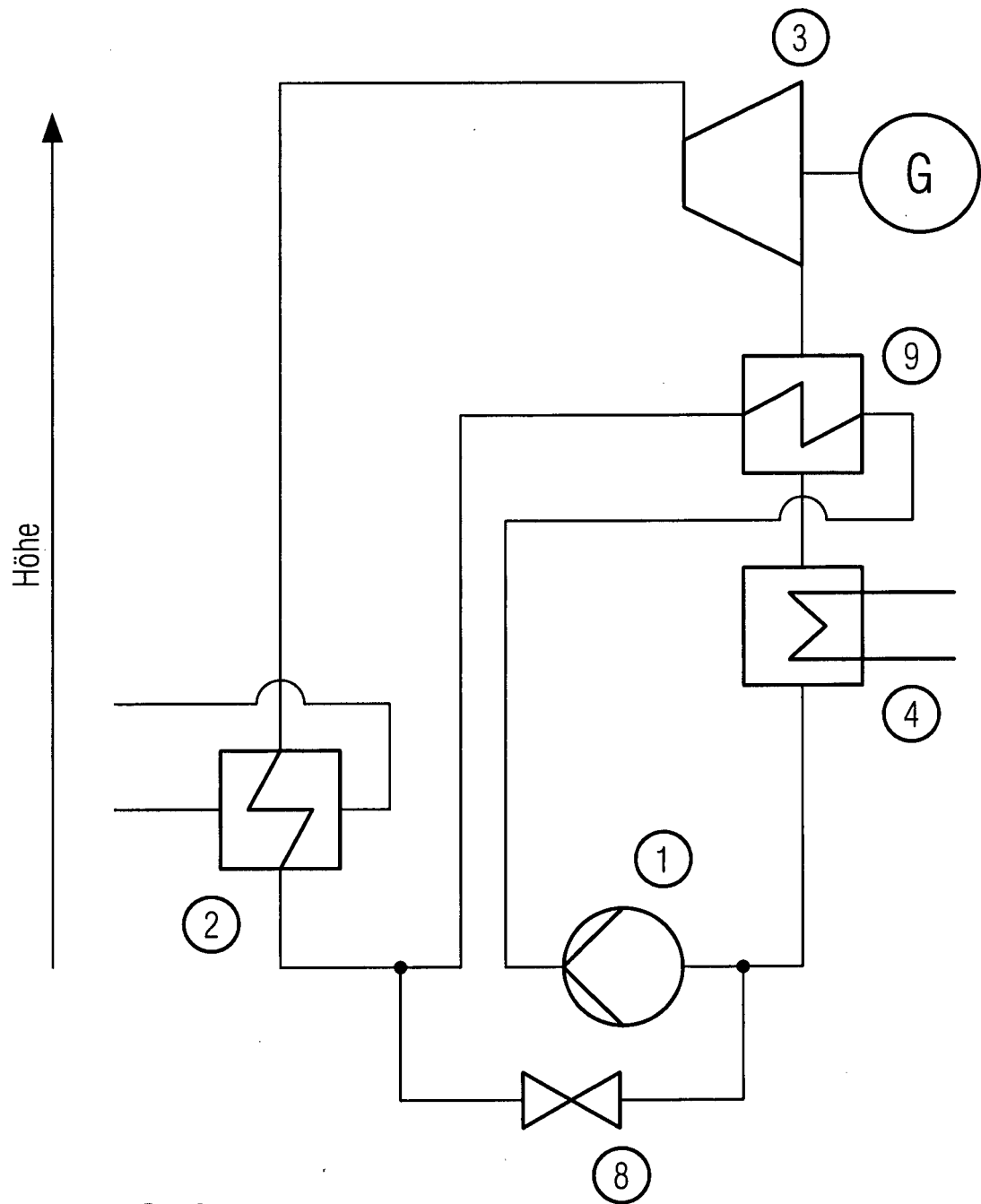


FIG. 3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 13 18 9918

5

10

15

20

25

30

35

40

45

1

50

55

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X A	FR 2 985 767 A1 (IFP ENERGIES NOUVELLES [FR]) 19. Juli 2013 (2013-07-19) * Seite 6, Zeile 4 - Seite 15, Zeile 11; Abbildungen *	1,3-6,10 14,15	INV. F01K13/02 F01K25/08
X	WO 2011/057724 A2 (ORCAN ENERGY GMBH [DE]; SCHUSTER ANDREAS [DE]; SICHERT ANDREAS [DE]; A) 19. Mai 2011 (2011-05-19) * Seite 12, Zeile 16 - Seite 14, Zeile 12; Abbildung 1 *	1,3,4,6,10	
X	WO 2008/031716 A2 (AMOVIS GMBH [DE]; HOETGER MICHAEL [DE]; COLLISI JOERG [DE]) 20. März 2008 (2008-03-20) * Seite 4, Zeile 21 - Seite 9, Zeile 31; Abbildungen 1,3 *	1,3-7,10	
X	WO 2012/021881 A2 (CUMMINS IP INC [US]; ERNST TIMOTHY C [US]; NELSON CHRISTOPHER R [US];) 16. Februar 2012 (2012-02-16) * Absätze [0015] - [0025]; Abbildungen *	1,3-7,9-11,13	
X	WO 2006/131759 A2 (UNIV CITY [GB]; SMITH IAN KENNETH [GB]; STOSIC NIKOLA RUDI [GB]; KOVAC) 14. Dezember 2006 (2006-12-14) * Seite 3, Zeile 17 - Seite 8, Zeile 29; Abbildungen *	1-4,10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F01K
X	WO 2010/029905 A1 (SANDEN CORP [JP]; KASUYA JUNICHIROU [JP]) 18. März 2010 (2010-03-18) * see translationThomson Scientific parts: "means to solve the problem" and "advantage of invention"; Abbildung 4 *	1-8,10,11,13,14	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 26. März 2014	Prüfer Henkes, Roeland
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 : nichtschriftliche 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	

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

EP 13 18 9918

5

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.

26-03-2014

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
FR 2985767 A1	19-07-2013	FR 2985767 A1	19-07-2013
		WO 2013107949 A2	25-07-2013
WO 2011057724 A2	19-05-2011	CA 2780791 A1	19-05-2011
		CN 102639818 A	15-08-2012
		DE 102009053390 B3	01-06-2011
		EP 2499343 A2	19-09-2012
		ES 2447827 T3	13-03-2014
		JP 2013510984 A	28-03-2013
		KR 20120115225 A	17-10-2012
		RU 2012124416 A	20-12-2013
		US 2012227404 A1	13-09-2012
		WO 2011057724 A2	19-05-2011
WO 2008031716 A2	20-03-2008	DE 102006043491 A1	27-03-2008
		WO 2008031716 A2	20-03-2008
WO 2012021881 A2	16-02-2012	CN 103180554 A	26-06-2013
		EP 2603673 A2	19-06-2013
		US 2012042650 A1	23-02-2012
		WO 2012021881 A2	16-02-2012
WO 2006131759 A2	14-12-2006	AU 2006256540 A1	14-12-2006
		CA 2610762 A1	14-12-2006
		EP 1896698 A2	12-03-2008
		KR 20080025400 A	20-03-2008
		WO 2006131759 A2	14-12-2006
WO 2010029905 A1	18-03-2010	JP 2010065587 A	25-03-2010
		WO 2010029905 A1	18-03-2010

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

- EP 2613025 A1 [0007]
- EP 2345797 A2 [0007]
- DE 102009053390 B3 [0010] [0043]