

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
19. April 2018 (19.04.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/068883 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F01K 21/00 (2006.01) *F01K 25/06* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/001165

(22) Internationales Anmeldedatum:

02. Oktober 2017 (02.10.2017)

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2016 219 633.2

10. Oktober 2016 (10.10.2016) DE

(71) Anmelder: MTU FRIEDRICHSHAFEN GMBH

[DE/DE]; Maybachplatz 1, 88045 Friedrichshafen (DE).

(72) Erfinder: MÜLLER, Mathias; Saint-Die-Str. 18, 88045

Friedrichshafen (DE). NIEMEYER, Jens; Oberhofstr. 25,
88045 Friedrichshafen (DE). STECHER, Daniel; Linzgau-
straße 26, 88630 Pfullendorf-Denklingen (DE).

(74) Anwalt: MTU FRIEDRICHSHAFEN GMBH; Intellec-

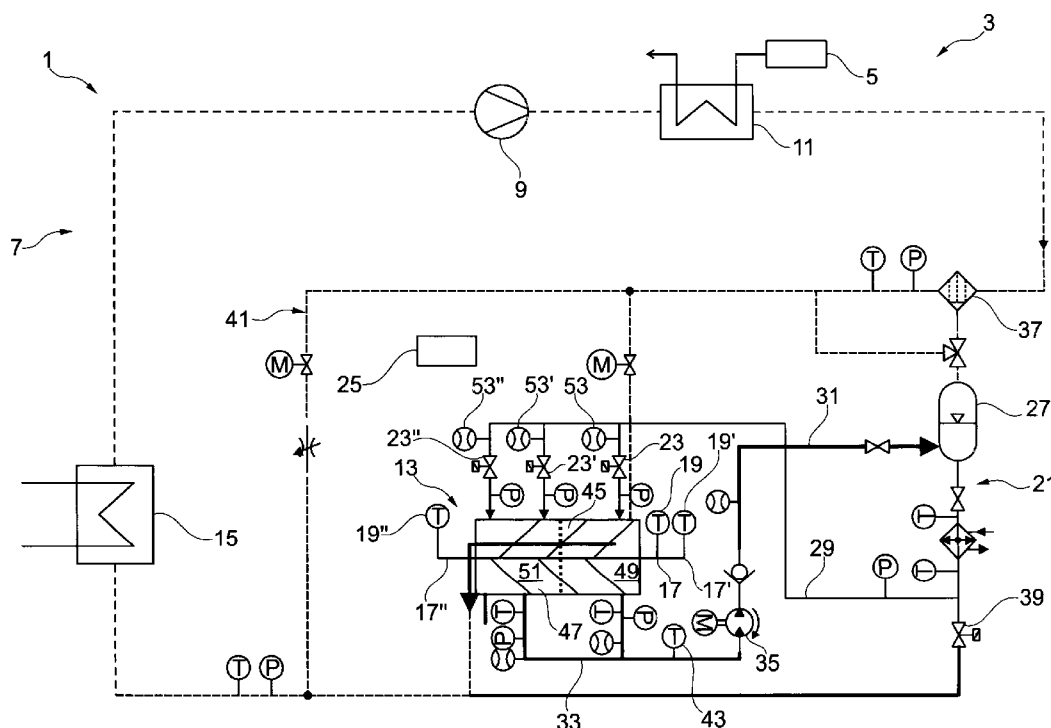
tual Property / TERI, Maybachplatz 1, 88045 Friedrichsha-
fen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für

jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) Title: SYSTEM FOR CARRYING OUT A THERMODYNAMIC CYCLE AND METHOD FOR OPERATING A SYSTEM OF THIS TYPE

(54) Bezeichnung: SYSTEM ZUR DURCHFÜHRUNG EINES THERMODYNAMISCHEN KREISPROZESSES UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES SOLCHEN SYSTEMS



(57) Abstract: The invention relates to a system (1) for carrying out a thermodynamic cycle comprising an expansion device (13) having at least one storage point (17, 17', 17''); a storage temperature measuring device (19, 19', 19'') configured for measuring a storage temperature of the at least one storage point (17, 17', 17''); and comprising a lubrication device (21) configured for supplying lubricant to the at least one storage point (17, 17', 17''), wherein the lubricant device (21) has an adjustment device (23, 23', 23'') that is configured to adjust an amount of lubricant supplied to the at least one storage point (17, 17', 17''), and comprising a control device (25) which is operatively connected to the storage temperature measuring device (19, 19', 19'') and to the adjustment device (23, 23', 23''), and

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

which is configured to actuate the adjustment device (23, 23', 23'') in order to adjust the amount of lubricant supplied to the at least one storage point (17, 17', 17'') according to the storage temperature.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein System (1) zur Durchführung eines thermodynamischen Kreisprozesses mit einer wenigstens eine Lagerstelle (17, 17', 17'') aufweisenden Expansionseinrichtung (13); einer Lagertemperatur-Messeinrichtung (19, 19', 19''), eingerichtet zur Messung einer Lagertemperatur der wenigstens einen Lagerstelle (17, 17', 17''), und mit einer Schmiereinrichtung (21), eingerichtet zur Zuführung von Schmiermittel zu der wenigstens einen Lagerstelle (17, 17', 17''), wobei die Schmiereinrichtung (21) eine Stelleinrichtung (23, 23', 23'') aufweist, die eingerichtet ist, um eine der wenigstens einen Lagerstelle (17, 17', 17'') zugeführte Schmiermittelmenge einzustellen, und mit einer Steuereinrichtung (25), die mit der Lagertemperatur-Messeinrichtung (19, 19', 19'') und mit der Stelleinrichtung (23, 23', 23'') wirkverbunden und eingerichtet ist, um die Stelleinrichtung (23, 23', 23'') zur Einstellung der der wenigstens einen Lagerstelle (17, 17', 17'') zugeführten Schmiermittelmenge in Abhängigkeit von der Lagertemperatur anzusteuern.

BESCHREIBUNG

5 System zur Durchführung eines thermodynamischen Kreisprozesses und Verfahren zum Betreiben eines solchen Systems

Die Erfindung betrifft ein System zur Durchführung eines thermodynamischen Kreisprozesseses sowie ein Verfahren zum Betreiben eines solchen Systems.

10 Ein solches System weist insbesondere eine Expansionseinrichtung mit wenigstens einer Lagerstelle auf, wobei eine Schmiereinrichtung vorgesehen ist, die eingerichtet ist zur Zuführung eines Schmiermittels zu der wenigstens einen Lagerstelle. Dabei wird der Lagerstelle typischerweise eine konstante Schmiermittelmenge pro Zeiteinheit zugeführt, unabhängig von
15 einem Betriebszustand oder einem momentanen Schmiermittelbedarf der Expansionseinrichtung. Da jedoch für einen Hochlast- und/oder Hochtemperaturbereich des Betriebs der Expansionseinrichtung eine ausreichend große Menge an Schmiermittel pro Zeiteinheit bereitgestellt werden muss, wird im unteren Lastbereich der Expansionseinrichtung mehr Schmiermittel als notwendig zu der Lagerstelle geleitet. Diese unnötig große
20 Schmiermittelmenge wirkt kühlend auf ein Arbeitsmedium des Systems in der Expansionseinrichtung und reduziert daher die Leistungsausbeutung und den Wirkungsgrad des Systems. Zusätzlich gelangt Schmiermittel von der Lagerstelle in einen Arbeitsraum der Expansionseinrichtung und damit auch in einen Arbeitsmedienkreislauf des Systems, wo das Schmiermittel gemeinsam mit dem Arbeitsmedium umläuft und insbesondere auch gemeinsam
25 mit dem Arbeitsmedium in einem Verdampfer des Systems erwärmt wird. Während dabei das Arbeitsmedium verdampft wird, bleibt das Schmiermittel flüssig und kann in der Expansionseinrichtung nicht zur Leistungsausbeute des Systems beitragen. Es stellt daher in dem Verdampfer eine paraterer Wärmesenke dar, die dem System Leistung entzieht und damit den Wirkungsgrad mindert. Es besteht daher Bedarf an einer Verringerung, insbesondere
30 Minimierung der Schmiermittelmenge, welche im Betrieb des Systems der wenigstens einen Lagerstelle zugeführt wird.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein System zur Durchführung eines thermodynamischen Kreisprozesses sowie ein Verfahren zum Betreiben eines solchen Systems zu schaffen, wobei die genannten Nachteile nicht auftreten.

- 5 Die Aufgabe wird gelöst, indem die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche geschaffen werden. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die Aufgabe wird insbesondere gelöst, indem ein System der zuvor angesprochenen Art derart weitergebildet wird, dass es eine Lagertemperatur-Messeinrichtung aufweist, die eingerichtet ist
10 zur Messung einer Lagertemperatur der wenigstens einen Lagerstelle, wobei die Schmiereinrichtung eine Stelleinrichtung aufweist, die eingerichtet ist, um eine der wenigstens einen Lagerstelle – insbesondere pro Zeiteinheit – zugeführte Schmiermittelmenge einzustellen. Dabei weist das System weiter eine Steuereinrichtung auf, die mit der Lagertemperatur-Messeinrichtung und mit der Stelleinrichtung wirkverbunden und eingerichtet ist, um die
15 Stelleinrichtung zur Einstellung der der wenigstens einen Lagerstelle zugeführten Schmiermittelmenge in Abhängigkeit von der Lagertemperatur anzusteuern. Auf diese Weise wird es möglich, die der Lagerstelle zugeführte Schmiermittelmenge von einem insbesondere momentanen, tatsächlichen Schmiermittelbedarf der Expansionseinrichtung abhängig zu wählen, sodass der Lagerstelle kein überschüssiges, eigentlich nicht benötigte Schmiermittel mehr
20 zugeführt wird. Dies reduziert die kühlende Wirkung des Schmiermittels auf das Arbeitsmedium in der Expansionseinrichtung insbesondere im Teil- und Niedriglastbereich und verringert auch die Menge an mit dem Arbeitsmedium in dem Arbeitsmedienkreislauf umlaufendem Schmiermittel, sodass der mit dem Effekt des als parasitäre Wärmesenke wirkenden Schmiermittels in dem Verdampfer verbundene Leistungsverlust minimiert wird. Die
25 Leistungsausbeute und der Wirkungsgrad des Systems können auf diese Weise gesteigert werden, insbesondere weil im Teillastbereich der Expansionseinrichtung die zu der Lagerstelle geförderte Schmiermittelmenge deutlich reduziert werden kann. Dies Reduktion bewirkt zugleich eine reduzierte Leistungsaufnahme einer zur Förderung des Schmiermittels vorgesehenen Schmiermittel-Fördereinrichtung, und eine Reduzierung der Fluidreibung in der
30 wenigstens einen Lagerstelle. Dies führt zu einer zusätzlichen Erhöhung der Leistungsausbeute und des Wirkungsgrads des Systems. Zusätzlich kann ein Totvolumen der Schmiereinrichtung verringert werden, da ein Sammelbehälter für das Schmiermittel aufgrund der im Teillastbereich reduzierten umlaufenden Schmiermittelmenge kleiner ausgelegt werden kann. Somit verbessert

sich auch das dynamische Verhalten des Systems, und dessen Komponenten- und/oder Bauraumbedarf wird verringert.

Wie bereits angesprochen, weist das System bevorzugt einen Arbeitsmedienkreislauf auf, entlang dessen ein Arbeitsmedium gefördert wird. Dabei weist der Arbeitsmedienkreislauf – insbesondere in der angegebenen Reihenfolge in Strömungsrichtung des Arbeitsmediums in dem Arbeitsmedienkreislauf gesehen – eine Arbeitsmedien-Fördereinrichtung, einen Verdampfer, eine Expansionseinrichtung und einen Kondensator auf. Durch die Arbeitsmedien-Fördereinrichtung wird flüssiges Arbeitsmedium zu dem Verdampfer gefördert, in welchem das Arbeitsmedium erhitzt und insbesondere verdampft wird. Das dampfförmige Arbeitsmedium strömt weiter zu der Expansionseinrichtung, wo es entspannt wird, wobei es mechanische Arbeit an der Expansionseinrichtung leistet. Dabei kann insbesondere eine Abtriebswelle der Expansionseinrichtung angetrieben werden, die beispielsweise mit einer elektrischen Maschine, insbesondere einem Generator, zur Erzeugung elektrischer Leistung antriebswirkverbunden sein kann, oder die mit einer Brennkraftmaschine mechanisch wirkverbundenen sein kann, um die Brennkraftmaschine zu unterstützen, insbesondere um ein zusätzliches Drehmoment für die Brennkraftmaschine bereitzustellen. Dabei handelt es sich bevorzugt um eine Brennkraftmaschine, deren Abwärme in dem System für die Durchführung des thermodynamischen Kreisprozesses genutzt wird. Das entspannte Arbeitsmedium strömt von der Expansionseinrichtung weiter zu dem Kondensator, wo es gekühlt und insbesondere wieder verflüssigt wird. Von dem Kondensator strömt das flüssige Arbeitsmedium zurück zu der Arbeitsmedien-Fördereinrichtung, sodass der Arbeitsmedienkreislauf insgesamt geschlossen ist.

Das System ist bevorzugt eingerichtet zur Durchführung eines organischen Rankine-Kreisprozesses (Organic Rankine Cycle – ORC) und wird insofern insbesondere mit einem organischen Arbeitsmedium betrieben. Das Arbeitsmedium kann beispielsweise Ethanol, ein Ethanol-Wasser-Gemisch, ein Fluorkohlenwasserstoff, ein Fluorchlorkohlenwasserstoff, und/oder ein anderes organisches Arbeitsmedium sein.

Zur Erfindung gehört auch eine Anordnung, welche ein derartiges System der hier angesprochenen Art sowie eine Brennkraftmaschine aufweist, wobei die Brennkraftmaschine mit dem System thermisch derart wirkverbunden ist, dass Abwärme der Brennkraftmaschine in dem System für die Durchführung des thermodynamischen Kreisprozesses nutzbar ist. Dabei ist es

insbesondere möglich, dass dem Verdampfer des Arbeitsmedienkreislaufs Abwärme aus Abgas und/oder einem Kühlmittelkreislauf der Brennkraftmaschine zugeführt wird.

Unter einer Lagerstelle wird insbesondere ein Lager für ein bewegliches Element der

- 5 Expansionseinrichtung verstanden, insbesondere ein Rotorlager, ein Getriebelager, ein Wellenlager, oder dergleichen. Bei der Lagerstelle kann es sich insbesondere um ein Gleitlager, ein Wälzlager, insbesondere ein Kugellager oder ein Zylinderrollenlager, oder ein anderes geeignetes Lager handeln.
- 10 Die Lagertemperatur-Messeinrichtung ist vorzugsweise zur direkten Messung der Lagertemperatur unmittelbar an der Lagerstelle eingerichtet. Dabei ist es insbesondere möglich, dass die Lagertemperatur-Messeinrichtung ein Thermoelement aufweist, welches an einem Außenring eines Lagers, beispielsweise eines Zylinderrollenlagers, befestigt, insbesondere angeheftet oder eingeschraubt, ist. Es ist aber auch möglich, dass die Lagertemperatur-
- 15 Messeinrichtung eingerichtet ist, um die Lagertemperatur indirekt zu messen, beispielsweise durch Messung einer Medientemperatur, beispielsweise der Schmiermitteltemperatur, in einer räumlichen Umgebung der Lagerstelle. Auch eine berührungslose Messung der Lagertemperatur durch die Lagertemperatur-Messeinrichtung ist möglich, wobei diese beispielsweise als Pyrometer ausgebildet sein kann.

- 20 Die Stelleinrichtung weist vorzugsweise wenigstens eine Stellventil oder Regelventil auf oder ist als Stell- oder Regelventil ausgebildet, wobei die Stelleinrichtung insbesondere eingerichtet ist, um einen Durchflussquerschnitt einer Schmiermittelleitung für das Schmiermittel zu verändern und damit die pro Zeiteinheit der wenigstens einen Lagerstelle zugeführte Schmiermittelmenge einzustellen. Unter einer der Lagerstelle pro Zeiteinheit zugeführte Schmiermittelmenge wird
- 25 insbesondere ein Volumenstrom des Schmiermittels verstanden.

- Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Steuereinrichtung eingerichtet ist, um die Lagertemperatur der wenigstens einen Lagerstelle durch Ansteuern der
- 30 Stelleinrichtung als Stellglied auf eine vorbestimmte Soll-Lagertemperatur zu regeln. Die Soll-Lagertemperatur wird dabei bevorzugt so gewählt, dass sie eine obere Grenze für eine zulässige Lagertemperatur darstellt, wodurch die der Lagerstelle zugeführte Schmiermittelmenge minimiert wird. Die Soll-Lagertemperatur wird bevorzugt abhängig von wenigstens einem Betriebsparameter der Expansionseinrichtung gewählt, insbesondere abhängig von einer

Drehzahl und/oder einer Last der Expansionseinrichtung, wobei die Soll-Lagertemperatur insbesondere aus einem Kennfeld ausgelesen werden kann. Auf diese Weise kann gewährleistet werden, dass der Lagerstelle zu jedem Zeitpunkt im Betrieb der Expansionseinrichtung gerade eine solche Schmiermittelmenge zugeführt wird, die ausreicht, um die Lagertemperatur an der zulässigen oberen Grenze zu halten. Somit wird der Lagerstelle jedenfalls nicht mehr Schmiermittel zugeführt, als für einen sicheren Betrieb des Systems nötig ist.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass das System wenigstens eine Schmiermitteltemperatur-Messeinrichtung aufweist, die eingerichtet ist zur Messung einer Schmiermitteltemperatur des Schmiermittels, wobei die Schmiermitteltemperatur-Messeinrichtung mit der Steuereinrichtung wirkverbunden ist, und wobei die Steuereinrichtung eingerichtet ist, um durch Ansteuern der Stelleinrichtung die Schmiermitteltemperatur unter einem vorbestimmten Schmiermitteltemperatur-Grenzwert zu halten. Hierdurch kann insbesondere eine Redundanz zu der Erfassung der Lagertemperatur geschaffen werden, wobei selbst bei einem Ausfall oder einem Fehler der Lagertemperaturmessung gewährleistet werden kann, dass die Schmiermitteltemperatur und damit zugleich auch die Lagertemperatur eine vorbestimmte Obergrenze nicht überschreiten. Die Schmiermitteltemperatur wird bevorzugt an einem Schmiermittelablauf der Lagerstelle und/oder an einem Schmiermittelablauf der Expansionseinrichtung gemessen. Mithilfe der beschriebenen Vorgehensweise wird die Schmiermitteltemperatur in jedem Fall auf den vorbestimmten Schmiermitteltemperatur-Grenzwert begrenzt, wobei nötigenfalls insbesondere der für die Regelung der Lagertemperatur vorgesehene Sollwert, das heißt die Soll-Lagertemperatur, durch den vorbestimmten Schmiermitteltemperatur-Grenzwert überschrieben wird, um die Schmiermitteltemperatur zu begrenzen.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass der vorbestimmte Schmiermitteltemperatur-Grenzwert in Abhängigkeit von einem Druck in einem Arbeitsraum der Expansionseinrichtung bestimmt wird. Der Druck in dem Arbeitsraum bestimmt dabei zugleich einen Druck in der wenigstens einen Lagerstelle und damit auch einen Dampfdruck von in dem Schmiermittel gelöstem oder mit dem Schmiermittel vermischem Arbeitsmedium. Dabei bleibt es im Betrieb des Systems nicht aus, dass das Schmiermittel zu einem gewissen Anteil mit Arbeitsmedium verunreinigt wird, sodass die wenigstens eine Lagerstelle mit einem Gemisch aus Schmiermittel und Arbeitsmedium beaufschlagt wird. Der vorbestimmte Schmiermitteltemperatur-Grenzwert wird nun so gewählt, dass in Abhängigkeit von dem Druck

in dem Arbeitsraum vermieden wird, dass das in dem Schmiermittel gelöste oder mit dem Schmiermittel vermischte Arbeitsmedium in die Gasphase übergeht, was zu einer Blasenbildung an der Schmierstelle, das heißt der Lagerstelle, führen und den Schmierfilm beeinträchtigen oder zerstören würde. Dies könnte letztlich zu einer Beschädigung der Lagerstelle und damit auch der Expansionseinrichtung führen, was vorteilhaft durch geeignete Definition des vorbestimmten Schmiermitteltemperatur-Grenzwerts vermieden wird. Letztlich wird so also an der wenigstens einen Lagerstelle eine Unterkühlung des Schmiermittel/Arbeitsmedium-Gemischs erreicht.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Steuereinrichtung eingerichtet ist, um die der wenigstens einen Lagerstelle zugeführte Schmiermittelmenge durch Ansteuern der Stelleinrichtung auf oder über einer vorbestimmten Schmiermittel-Mindestmenge zu halten. Hierdurch kann gewährleistet werden, dass eine Mangelschmierung und damit letztlich eine Beschädigung der Lagerstelle und der Expansionseinrichtung zu jeder Zeit vermieden wird. Die Schmiermittelmenge wird also unabhängig von der Lagertemperaturreglung auf die vorbestimmte Schmiermittel-Mindestmenge begrenzt, die derart gewählt wird, dass eine Mangelschmierung sicher vermieden wird.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Expansionseinrichtung eine Mehrzahl von Lagerstellen aufweist, wobei den Lagerstellen gruppenweise oder einzeln jeweils eine Stelleinrichtung zugeordnet ist, wobei die Steuereinrichtung eingerichtet ist, um die verschiedenen Lagerstellen der Mehrzahl von Lagerstellen jeweils zugeführten Schmiermittelmengen separat einzustellen. Das Verfahren kann also insbesondere für jede Lagerstelle oder jede Gruppe von Lagerstellen separat durchgeführt werden, sodass jede Lagerstelle individuell und separat bedarfsgerecht mit Schmiermittel versorgt werden kann. Dabei ist bevorzugt für jede Gruppe von Lagerstellen oder für jede Lagerstelle jeweils eine Lagertemperatur-Messeinrichtung vorgesehen, die mit der Steuereinrichtung wirkverbunden ist.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Expansionseinrichtung als Schraubenexpander ausgebildet ist, der einen Hauptrotor und einen Nebenrotor sowie eine Hochdruckseite und eine Nebendruckseite aufweist. Die Stelleinrichtung ist dabei eingerichtet zur – bevorzugt separaten – Einstellung einer zugeführten Schmiermittelmenge zu a) einer hochdruckseitigen Lagerstelle des Hauptrotors, b) einer niederdruckseitigen Lagerstelle des Hauptrotors, und c) einer hochdruckseitigen Lagerstelle des Nebenrotors. Besonders bevorzugt ist die Steuereinrichtung eingerichtet zur Einstellung der zugeführten Schmiermittelmenge

ausschließlich zu den hier genannten Lagerstellen. Bevorzugt ist die Steuereinrichtung nicht eingerichtet, um eine einer niederdruckseitigen Lagerstelle des Nebenrotors zugeführte Schmiermittelmenge einzustellen. Insoweit hat sich herausgestellt, dass bei einem Schraubenexpander hauptsächlich die hochdruckseitigen Lagerstellen des Hauptrotors und des Nebenrotors, sowie die niederdruckseitige Lagerstelle des Hauptrotors belastet sind. Dagegen ist die niederdruckseitige Lagerstelle des Nebenrotors deutlich geringer belastet und weist daher von vornherein, auch im Volllastbereich, einen nur geringen Schmiermittelbedarf auf, sodass sich eine Steuerung oder Regelung der Schmiermittelzufuhr zu dieser Lagerstelle nicht lohnt. Bevorzugt sind die hochdruckseitigen Lagerstellen des Hauptrotors und des Nebenrotors sowie die niederdruckseitige Lagerstelle des Hauptrotors als Zylinderrollenlager ausgebildet. Es ist möglich, dass die niederdruckseitige Lagerstelle des Nebenrotors als Nadellager ausgebildet ist. Insoweit hat sich insbesondere auch gezeigt, dass an der niederdruckseitigen Lagerstelle des Nebenrotors keine hohen Kräfte abgestützt werden müssen. Dies ist ganz besonders dann der Fall, wenn lediglich der Hauptrotor niederdruckseitig mit der Abtriebswelle der Expansionseinrichtung – vorzugsweise über ein Getriebe – mechanisch antriebswirkverbunden ist.

Die Expansionseinrichtung kann alternativ auch als Turbine, als Hubkolbenmaschine, als Scrollexpander, als Rootsexpander oder in anderer geeigneter Weise ausgebildet sein.

Die Aufgabe wird auch gelöst, indem ein Verfahren zum Betreiben eines Systems zur Durchführung eines thermodynamischen Kreisprozesses, insbesondere eines Systems gemäß einem der zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiele, geschaffen wird, wobei eine Lagertemperatur für wenigstens eine Lagerstelle einer Expansionseinrichtung des Systems erfasst wird, und wobei eine der wenigstens eine Lagerstelle zugeführte Schmiermittelmenge in Abhängigkeit von der erfassten Lagertemperatur eingestellt wird. In Zusammenhang mit dem Verfahren verwirklichen sich insbesondere die Vorteile, die bereits in Zusammenhang mit dem System erläutert wurden.

Vorzugsweise wird die Lagertemperatur der wenigstens einen Lagerstelle auf eine vorbestimmte Soll-Lagertemperatur geregelt.

Vorzugsweise wird eine Schmiermitteltemperatur des Schmiermittels, insbesondere an einem Schmiermittelablauf der Lagerstelle und/oder der Expansionseinrichtung, erfasst, wobei die

Schmiermitteltemperatur unter einem vorbestimmten Schmiermitteltemperatur-Grenzwert gehalten wird.

Der Schmiermitteltemperatur-Grenzwert wird bevorzugt in Abhängigkeit von einem Druck in
5 einem Arbeitsraum der Expansionseinrichtung bestimmt.

Bevorzugt wird die der wenigstens einen Lagerstelle zugeführte Schmiermittelmenge auf oder über einer vorbestimmten Schmiermittel-Mindestmenge gehalten.

10 Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass ein vorbestimmter Schmiermitteltemperatur-Grenzwert für eine Schmiermitteltemperatur des Schmiermittels und/oder eine vorbestimmte Schmiermittel-Mindestmenge zur Begrenzung der Schmiermittelmenge, welche der wenigstens einen Lagerstelle zugeführt wird, nach unten verwendet wird/werden. Somit kann stets gewährleistet werden, dass die
15 Schmiermitteltemperatur keinen unzulässig hohen Wert erreicht, und/oder dass keine Mangelschmierung der wenigstens einen Lagerstelle auftritt. Die Verwendung des vorbestimmten Schmiermitteltemperatur-Grenzwerts zur Begrenzung der Schmiermittelmenge, welche der wenigstens einen Lagerstelle zugeführt wird, nach unten stellt außerdem eine Redundanz zu der Überwachung der Lagertemperatur dar, wodurch das Verfahren besonders
20 sicher wird.

Die Beschreibung des Systems einerseits und des Verfahrens andererseits sind komplementär zueinander zu verstehen. Verfahrensschritte, die explizit oder implizit in Zusammenhang mit dem System erläutert wurden, sind bevorzugt einzeln oder miteinander kombiniert Schritte einer
25 bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens. Merkmale des Systems, die explizit oder implizit in Zusammenhang mit dem Verfahren erläutert wurden, sind bevorzugt einzeln oder miteinander kombiniert Merkmale eines bevorzugten Ausführungsbeispiels des Systems. Das Verfahren zeichnet sich bevorzugt durch wenigstens einen Verfahrensschritt aus, welcher durch wenigstens ein Merkmal eines erfindungsgemäßen oder bevorzugten Ausführungsbeispiels des Systems
30 bedingt ist. Das System zeichnet sich bevorzugt durch wenigstens ein Merkmal aus, welches durch wenigstens einen Schritt einer erfindungsgemäßen oder bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens bedingt ist.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt die einzige Figur eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines Systems zur Durchführung eines thermodynamischen Kreisprozesses.

- 5 Die einzige **Fig.** zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines Systems 1 zur Durchführung eines thermodynamischen Kreisprozesses sowie außerdem eines Ausführungsbeispiels einer Anordnung 3, welche das System 1 und eine mit dem System 1 thermisch wirkverbundene Brennkraftmaschine 5 aufweist, die derart mit dem System 1 wirkverbunden ist, dass Abwärme der Brennkraftmaschine 5 in dem System 1 für die
- 10 Durchführung des thermodynamischen Kreisprozesses nutzbar ist.

Das System 1 weist einen Arbeitsmedienkreislauf 7 auf, der – insbesondere in der angegebenen Reihenfolge in Strömungsrichtung eines Arbeitsmediums entlang des Arbeitsmedienkreislaufs 7 gesehen – folgende Elemente aufweist: Eine Arbeitsmedien-Fördereinrichtung 9, einen

15 Verdampfer 11, eine Expansionseinrichtung 13 und einen Kondensator 15. Das System 1 ist vorzugsweise eingerichtet zur Durchführung eines organischen Rankine-Kreisprozesses (Organic Rankine Cycle – ORC) an einem organischen Arbeitsmedium. Das Arbeitsmedium wird in flüssiger Phase vorzugsweise durch die Arbeitsmedien-Fördereinrichtung 9 zu dem Verdampfer 11 gefördert, in welchem es erhitzt und insbesondere verdampft wird. Das dampfförmige

20 Arbeitsmedium strömt weiter zu der Expansionseinrichtung 13, in welcher es entspannt wird, wobei es mechanische Arbeit an der Expansionseinrichtung 13 verrichtet. Das entspannte Arbeitsmedium strömt weiter zu dem Kondensator 15, wo es gekühlt und insbesondere wieder kondensiert wird, woraufhin es von dem Kondensator 15 wieder zurück zu der Arbeitsmedien-Fördereinrichtung 9 strömt, sodass der Arbeitsmedienkreislauf 7 geschlossen ist.

25

Die Brennkraftmaschine 5 ist insbesondere mit dem Verdampfer 11 thermisch wirkverbunden, vorzugsweise derart, dass Abgas und/oder Kühlmittel der Brennkraftmaschine 5 durch den Verdampfer 11 ström/strömen und dort in thermischem Kontakt mit dem Arbeitsmedium des Arbeitsmedienkreislaufs 7 ist/sind.

30

Die Expansionseinrichtung 13 ist bevorzugt in nicht dargestellter Weise mit einer elektrischen Maschine zur Erzeugung elektrischer Leistung antriebswirkverbunden, oder sie ist mit der Brennkraftmaschine 5 mechanisch wirkverbunden, sodass sie die Brennkraftmaschine 5 im Betrieb unterstützen und dieser insbesondere ein zusätzliches Drehmoment zuführen kann.

Die Expansionseinrichtung 13 weist wenigstens eine Lagerstelle, hier drei lediglich schematisch angedeutete Lagerstellen 17, 17', 17'' auf wobei jeder Lagerstelle 17, 17', 17'' jeweils eine Lagertemperatur-Messeinrichtung 19, 19', 19'' zugeordnet ist, wobei die Lagertemperatur-Messeinrichtungen 19, 19', 19'' jeweils eingerichtet sind zur Messung einer Lagertemperatur der ihnen jeweils zugeordneten Lagerstellen 17, 17', 17''. Das System 1 weist außerdem eine Schmiereinrichtung 21 auf, die eingerichtet ist, um den Lagerstellen 17, 17', 17'' Schmiermittel zuzuführen. Dabei weist die Schmiereinrichtung 21 hier für jede der Lagerstellen 17, 17', 17'' jeweils eine zugeordnete Stelleinrichtung 23, 23', 23'' auf, wobei die Stelleinrichtungen 23, 23', 23'' eingerichtet sind, um eine der jeweils zugeordneten Lagerstelle 17, 17', 17'' zugeführte Schmiermittelmenge einzustellen. Das System 1 weist auch eine Steuereinrichtung 25 auf, die in hier aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit nicht explizit dargestellter Weise mit den Lagertemperatur-Messeinrichtungen 19, 19', 19'' und mit den Stelleinrichtungen 23, 23', 23'' wirkverbunden ist, wobei die Steuereinrichtung 25 außerdem eingerichtet ist, um die Stelleinrichtungen 23, 23', 23'' – insbesondere separat, das heißt unabhängig voneinander – zur Einstellung der den ihnen jeweils zugeordneten Lagerstellen 17, 17', 17'' jeweils zugeführten Schmiermittelmengen in Abhängigkeit von der jeweiligen Lagertemperatur anzusteuern. Auf diese Weise ist es möglich, den Lagerstellen 17, 17', 17'' in jedem Betriebspunkt der Expansionseinrichtung 13 bedarfsgerecht und insbesondere für jede der Lagerstellen 17, 17', 17'' individuell eine Schmiermittelmenge zuzuführen, wobei insbesondere im Teillastbereich und im Niedriglastbereich der Expansionseinrichtung 13 eine zu hohe Dosierung von Schmiermittel zu den Lagerstellen 17, 17', 17'' vermieden werden kann. Somit kann eine unnötige Kühlung des Arbeitsmediums in der Expansionseinrichtung 13 durch das Schmiermittel vermieden und eine Fluidreibung in den Lagerstellen 17, 17', 17'' reduziert werden. Weiterhin kann die Menge an mit dem Arbeitsmedium umlaufendem Schmiermittel in dem Arbeitsmedienkreislauf 7 reduziert werden, sodass der im Verdampfer 11 als parasitäre Wärmesenke wirkende Schmiermittelanteil reduziert werden kann.

Die Schmiereinrichtung 21 weist vorzugsweise einen Sammelbehälter 27 für das Schmiermittel auf, wobei das der Expansionseinrichtung 13 zugeführte Schmiermittel aus dem Sammelbehälter 27 entnommen und der Expansionseinrichtung 13 über einen Schmiermittelvorlaufpfad 29 zugeführt wird, wobei sich der Schmiermittelvorlaufpfad 29 hier auf drei Schmiermittelfluten aufteilt, die jeweils zu den Lagerstellen 17, 17', 17'' führen, und in denen die Stelleinrichtungen 23, 23', 23'' angeordnet sind. Die Schmiereinrichtung 21 weist außerdem einen

Schmiermittelrücklaufpfad 31 auf, entlang dem Schmiermittel von einem Schmiermittelablauf 33 der Expansionseinrichtung 13 in den Sammelbehälter 27 zurückgefördert werden kann, wobei hierzu eine Schmiermittel-Fördereinrichtung 35 in dem Schmiermittelrücklaufpfad 31 vorgesehen ist. Insbesondere eine Leistungsaufnahme der Schmiermittel-Fördereinrichtung 35 kann reduziert werden, wenn die den Lagerstellen 17, 17', 17'' zugeführte Schmiermittelmenge zumindest zeitweise reduziert wird. Des Weiteren kann das Volumen des Sammelbehälters 27 geringer ausfallen, weil ein geringerer Bedarf an Schmiermittel für die Schmierung der Lagerstellen 17, 17', 17'' besteht. Der Sammelbehälter 27 kann also insgesamt kleiner ausgelegt werden, wodurch nicht nur Bauraum gespart wird, sondern auch die Dynamik des Systems 1 steigt.

Schmiermittel, welches in der Expansionseinrichtung 13 in den Arbeitsmedienkreislauf 7 gelangt und entlang dieses Kreislaufs mit dem Arbeitsmedium gefördert wird, wird bevorzugt stromabwärts des Verdampfers 11 und stromaufwärts der Expansionseinrichtung 13 in einer Abtrenneinrichtung 37 von dem dampfförmigen Arbeitsmedium abgetrennt und dem Sammelbehälter 27 zugeführt.

Über eine Ventileinrichtung 39 kann Schmiermittel beispielsweise zum Zweck einer Füllstandsregelung für den Sammelbehälter 27 oder zum Spülen des Sammelbehälters 27 in den Arbeitsmedienkreislauf 7 entlassen werden.

Es ist außerdem ein Umgehungspfad 41 um die Expansionseinrichtung 13 vorgesehen, über den in bestimmten Betriebszuständen, beispielsweise beim Anfahren oder Herunterfahren des Systems 1, das Arbeitsmedium entlang des Arbeitsmedienkreislaufs 7 unter Umgehung der Expansionseinrichtung 13 geführt werden kann.

Die Steuereinrichtung 25 ist insbesondere eingerichtet, um die Lagertemperatur der Lagerstellen 17, 17', 17'' durch Ansteuern der Stelleinrichtungen 23, 23', 23'' als Stellglieder auf eine vorbestimmte Soll-Lagertemperatur – vorzugsweise für jede Lagerstelle 17, 17', 17'' separat – zu regeln. Die vorbestimmte Soll-Lagertemperatur kann dabei insbesondere abhängig von wenigstens einem Parameter der Expansionseinrichtung 13, insbesondere Abhängig von einer Drehzahl und/oder einer Last derselben, bestimmt, insbesondere aus einem Kennfeld ausgelesen werden.

Das System 1 weist außerdem bevorzugt wenigstens eine Schmiermitteltemperatur-Messeinrichtung 43 auf, die eingerichtet ist zur Messung einer Schmiermitteltemperatur des Schmiermittels, hier insbesondere im Bereich des Schmiermittelablaufs 33, wobei die Schmiermitteltemperatur-Messeinrichtung 43 mit der Steuereinrichtung 25 wirkverbunden ist.

- 5 Die Steuereinrichtung 25 ist dabei eingerichtet, um durch Ansteuern der Stelleinrichtungen 23, 23', 23'' die Schmiermitteltemperatur unter einem vorbestimmten Schmiermitteltemperatur-Grenzwert zu halten. Dies dient zum einen einer Redundanz in der Temperaturüberwachung insbesondere bei einem Ausfall oder einem Fehler in der Messung der Lagertemperatur, zum anderen kann so gewährleistet werden, dass das Schmiermittel im Bereich der
- 10 Expansionseinrichtung 13, insbesondere an den Lagerstellen 17, 17', 17'', in dem Sinne unterkühlt ist, dass keine von dem Schmiermittel umfassten Arbeitsmedien-Anteile in der Expansionseinrichtung 13 ausgasen. Insbesondere hierzu ist bevorzugt vorgesehen, dass der Schmiermitteltemperatur-Grenzwert in Abhängigkeit von einem Druck in einem Arbeitsraum der Expansionseinrichtung 13 bestimmt wird, bevorzugt in Abhängigkeit von einem Druck auf einer
- 15 Niederdruckseite der Expansionseinrichtung 13, weil dort der Siedepunkt für das Arbeitsmedien-Schmiermittel-Gemisch niedriger liegt als auf einer Hochdruckseite. Es ist allerdings auch möglich, dass für verschiedene Druckbereiche der Expansionseinrichtung 13, insbesondere für eine Hochdruckseite und für eine Niederdruckseite, verschiedene Schmiermitteltemperatur-Grenzwerte bestimmt werden, wobei dann die Schmiermitteltemperatur auch für die
- 20 verschiedenen Druckbereiche separat überwacht wird.

- Es ist weiterhin bevorzugt vorgesehen, dass die Steuereinrichtung 25 eingerichtet ist, um die den Lagerstellen 17, 17', 17'' zugeführten Schmiermittelmengen durch Ansteuern der Stelleinrichtungen 23, 23', 23'' auf oder über einer vorbestimmten Schmiermittel-Mindestmenge
- 25 zu halten. Hierdurch kann sehr effizient eine Mangelschmierung und eine dadurch bedingte Beschädigung der Expansionseinrichtung 13 vermieden werden.

- Die Expansionseinrichtung 13 ist besonders bevorzugt als Schraubenexpander ausgebildet, der einen hier schematisch angedeuteten Hauptrotor 45 und einen Nebenrotor 47 aufweist.
- 30 Außerdem weist der Schraubenexpander eine Hochdruckseite 49 sowie eine Niederdruckseite 51 auf. Die erste Lagerstelle 17 ist dabei bevorzugt eine hochdruckseitige Lagerstelle des Hauptrotors 45; die zweite Lagerstelle 17' ist bevorzugt eine hochdruckseitige Lagerstelle des Nebenrotors 47, und die dritte Lagerstelle 17'' ist bevorzugt eine niederdruckseitige Lagerstelle des Hauptrotors 45. Dabei ist einer niederdruckseitigen Lagerstelle des Nebenrotors 47

bevorzugt keine Schmiermittelzufuhr zugeordnet, über welche eine zugeführte Schmiermittelmenge einstellbar ist.

5 Es zeigt sich noch, dass den Stelleinrichtungen 23, 23', 23'' zur Überwachung der zugeführten Schmiermittelmengen vorzugsweise jeweils eine Volumenstrom-Messeinrichtung 53, 53', 53'' zugeordnet ist.

10 Im Betrieb des Systems 1 wird also für jede der Lagerstellen 17, 17', 17'' jeweils eine Lagertemperatur erfasst, wobei eine den Lagerstellen 17, 17', 17'' jeweils zugeführte Schmiermittelmenge in Abhängigkeit von der jeweils erfassten Lagertemperatur eingestellt wird. Dabei wird insbesondere ein vorbestimmter Schmiermitteltemperatur-Grenzwert für eine Schmiermitteltemperatur des Schmiermittels und/oder eine vorbestimmte Schmiermittel-Mindestmenge zur Begrenzung der den Lagerstellen 17, 17', 17'' zugeführten Schmiermittelmenge nach unten verwendet.

15 Insgesamt zeigt sich, dass mit dem hier vorgeschlagenen System 1 und dem Verfahren zum Betreiben des Systems 1 eine Möglichkeit geschaffen wird, die Expansionseinrichtung 13 bedarfsgerecht zu schmieren und damit insbesondere im Teil- und/oder Niedriglastbereich die im Bereich der Expansionseinrichtung 13 und in dem Arbeitsmedienkreislauf 7 zirkulierende
20 Schmiermittelmenge zu reduzieren, vorzugsweise zu minimieren. Auf diese Weise kann insbesondere der Wirkungsgrad des Systems 1 gesteigert werden.

ANSPRÜCHE

1. System (1) zur Durchführung eines thermodynamischen Kreisprozesses, mit
- 5 - einer wenigstens eine Lagerstelle (17,17',17'') aufweisenden Expansionseinrichtung (13);
- einer Lagertemperatur-Messeinrichtung (19,19',19''), eingerichtet zur Messung einer Lagertemperatur der wenigstens einen Lagerstelle (17,17',17''), und mit
- 10 - einer Schmiereinrichtung (21), eingerichtet zur Zuführung von Schmiermittel zu der wenigstens einen Lagerstelle (17,17',17''), wobei
- die Schmiereinrichtung (21) eine Stelleinrichtung (23,23',23'') aufweist, die eingerichtet ist, um eine der wenigstens einen Lagerstelle (17,17',17'') zugeführte Schmiermittelmenge einzustellen, und mit
- 15 - einer Steuereinrichtung (25), die mit der Lagertemperatur-Messeinrichtung (19,19',19'') und mit der Stelleinrichtung (23,23',23'') wirkverbunden und eingerichtet ist, um die Stelleinrichtung (23,23',23'') zur Einstellung der der wenigstens einen Lagerstelle (17,17',17'') zugeführten Schmiermittelmenge in Abhängigkeit von der Lagertemperatur anzusteuern.
- 20 2. System (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinrichtung (25) eingerichtet ist, um die Lagertemperatur der wenigstens einen Lagerstelle (17,17',17'') durch Ansteuern der Stelleinrichtung (23,23',23'') als Stellglied auf eine vorbestimmte Soll-Lagertemperatur zu regeln.
- 25 3. System (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** wenigstens eine Schmiermitteltemperatur-Messeinrichtung (43), eingerichtet zur Messung einer Schmiermitteltemperatur des Schmiermittels, wobei die Schmiermitteltemperatur-Messeinrichtung (43) mit der Steuereinrichtung (25) wirkverbunden ist, und wobei die Steuereinrichtung (25) eingerichtet ist, um durch Ansteuern der Stelleinrichtung (23,23',23'') die
- 30 Schmiermitteltemperatur unter einem vorbestimmten Schmiermitteltemperatur-Grenzwert zu halten.

4. System (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinrichtung (25) eingerichtet ist, um den vorbestimmten Schmiermitteltemperatur-Grenzwert in Abhängigkeit von einem Druck in einem Arbeitsraum der Expansionseinrichtung (13) zu bestimmen.

5

5. System (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinrichtung (25) eingerichtet ist, um die der wenigstens einen Lagerstelle (17,17',17'') zugeführte Schmiermittelmenge durch Ansteuern der Stelleinrichtung (23,23',23'') auf oder über einer vorbestimmten Schmiermittel-Mindestmenge zu halten.

10

6. System (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Expansionseinrichtung (13) eine Mehrzahl von Lagerstellen (17,17',17'') aufweist, wobei den Lagerstellen (17,17',17'') gruppenweise oder einzeln jeweils eine Stelleinrichtung (23,23',23'') zugeordnet ist, wobei die Steuereinrichtung (25) eingerichtet ist, um die Schmiermittelmengen, die verschiedenen Lagerstellen (17,17',17'') der Mehrzahl von Lagerstellen (17,17',17'') jeweils zugeführt werden, separat einzustellen.

15

7. System (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Expansionseinrichtung (13) als Schraubenexpander ausgebildet ist, der einen Hauptrotor (45) und einen Nebenrotor (47) sowie eine Hochdruckseite (49) und eine Niederdruckseite (51) aufweist, wobei die Steuereinrichtung (25) eingerichtet ist zur vorzugsweise separaten Einstellung einer zugeführten Schmiermittelmenge zu

20

- a) einer hochdruckseitigen Lagerstelle des Hauptrotors (45),
- b) einer niederdruckseitigen Lagerstelle des Hauptrotors (45), und
- c) einer hochdruckseitigen Lagerstelle des Nebenrotors (47).

25

8. Verfahren zum Betreiben eines Systems (1) zur Durchführung eines thermodynamischen Kreisprozesses, insbesondere eines Systems (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei

- eine Lagertemperatur für wenigstens eine Lagerstelle (17,17',17'') einer Expansionseinrichtung (13) des Systems (1) erfasst wird, und wobei
- eine der wenigstens einen Lagerstelle (17,17',17'') zugeführte Schmiermittelmenge in Abhängigkeit von der erfassten Lagertemperatur eingestellt wird.

30

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein vorbestimmter Schmiermitteltemperatur-Grenzwert für eine Schmiermitteltemperatur des Schmiermittels und/oder eine vorbestimmte Schmiermittel-Mindestmenge zur Begrenzung der der wenigstens einen Lagerstelle (17,17',17'') zugeführten Schmiermittelmenge nach unten verwendet

5 wird/werden.

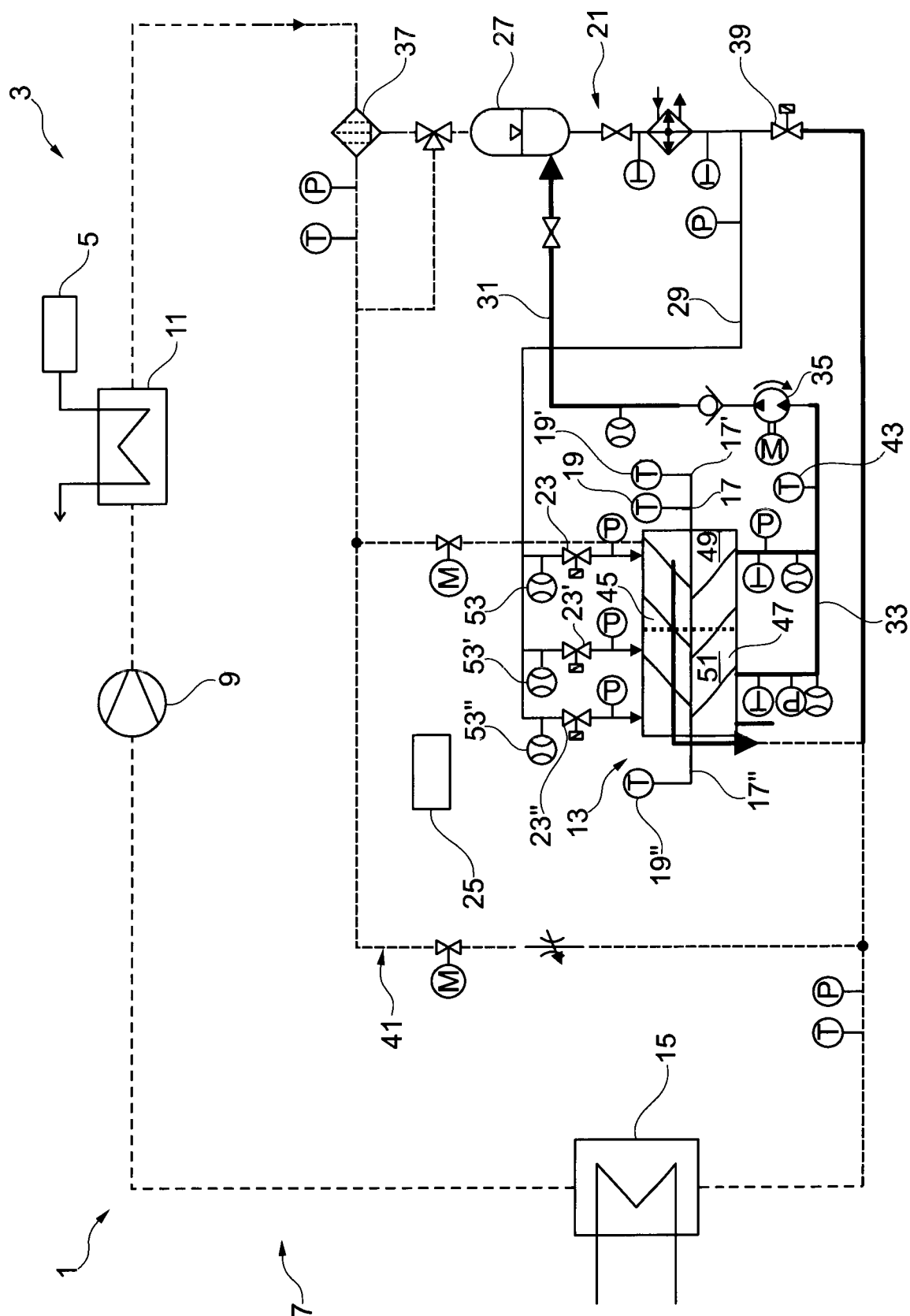


Fig.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/001165

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F01K21/00 F01K25/06
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F01K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 2 161 417 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 10 March 2010 (2010-03-10) abstract; figures 1-5 paragraphs [0001], [0011], [0013], [0014] - [0016], [0024] - [0028] -----	1-9
X	EP 2 662 539 A1 (ENEFTECH INNOVATION SA [CH]) 13 November 2013 (2013-11-13) abstract; figures 1-3 paragraphs [0018] - [0022] -----	1,8
A	DE 10 2014 206023 A1 (MTU FRIEDRICHSHAFEN GMBH [DE]) 1 October 2015 (2015-10-01) abstract; figures 1, 2 paragraphs [0053] - [0074] -----	1-9



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 February 2018

Date of mailing of the international search report

19/02/2018

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Varelas, Dimitrios

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/001165

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
EP 2161417	A1	10-03-2010	EP 2161417 A1	10-03-2010
		US 2010034684 A1		11-02-2010

EP 2662539	A1	13-11-2013	EP 2662539 A1	13-11-2013
		FR 2990463 A1		15-11-2013
		WO 2013167418 A1		14-11-2013

DE 102014206023	A1	01-10-2015	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. F01K21/00 F01K25/06

ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

F01K

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 2 161 417 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 10. März 2010 (2010-03-10) Zusammenfassung; Abbildungen 1-5 Absätze [0001], [0011], [0013], [0014] - [0016], [0024] - [0028] -----	1-9
X	EP 2 662 539 A1 (ENEFTech INNOVATION SA [CH]) 13. November 2013 (2013-11-13) Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 Absätze [0018] - [0022] -----	1,8
A	DE 10 2014 206023 A1 (MTU FRIEDRICHSHAFEN GMBH [DE]) 1. Oktober 2015 (2015-10-01) Zusammenfassung; Abbildungen 1, 2 Absätze [0053] - [0074] -----	1-9



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. Februar 2018

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

19/02/2018

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Varelas, Dimitrios

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/001165

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2161417 A1	10-03-2010	EP 2161417 A1	10-03-2010
		US 2010034684 A1	11-02-2010

EP 2662539 A1	13-11-2013	EP 2662539 A1	13-11-2013
		FR 2990463 A1	15-11-2013
		WO 2013167418 A1	14-11-2013

DE 102014206023 A1	01-10-2015	KEINE	
