

(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
04. Oktober 2018 (04.10.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/178169 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F25B 1/10 (2006.01) *F25B 40/06* (2006.01)
F25B 40/02 (2006.01) *F25B 41/00* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/057956

(22) Internationales Anmeldedatum:

28. März 2018 (28.03.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2017 205 484.0

31. März 2017 (31.03.2017) DE

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT

[DE/DE]; Werner-von-Siemens-Straße 1, 80333 München
(DE).

(72) Erfinder: REISSIG, Mark; Bäckerwiese 9, 90607 Rückersdorf (DE). REISSNER, Florian; Hallstädter Weg 7, 90425 Nürnberg (DE).

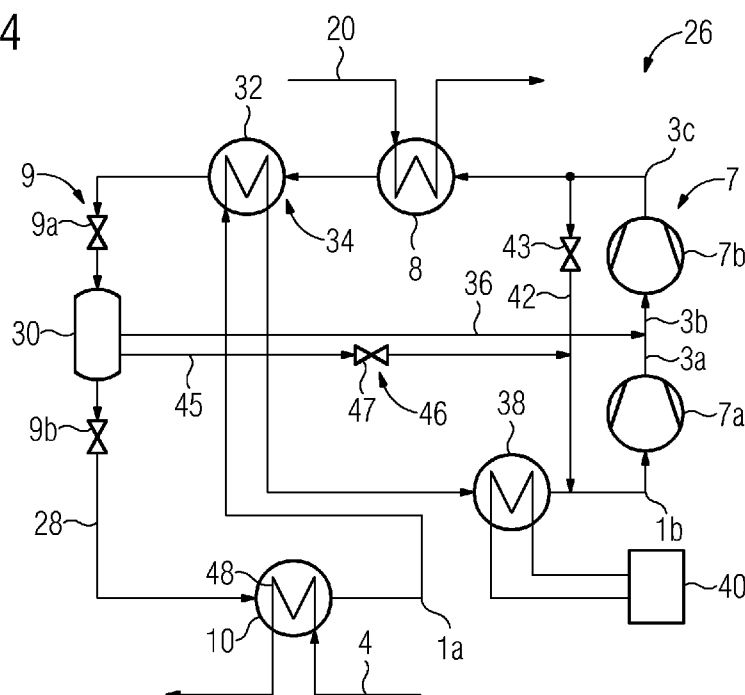
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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, 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,

(54) Title: HEAT PUMP AND METHOD FOR OPERATING A HEAT PUMP

(54) Bezeichnung: WÄRMEPUMPE UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER WÄRMEPUMPE

FIG 4



(57) Abstract: The invention relates to a heat pump (12, 26) with a fluid circuit (21, 28) with at least one evaporator (10), a downstream compressor unit (7), at least one downstream liquefier (8), and a downstream expansion unit (9), and a first bypass line (42) with at least one bypass valve (43), so that the fluid circuit can be fluidically connected, downstream of the compressor unit (7) and upstream of the liquefier (8), to the fluid circuit downstream of the evaporator (10) and upstream of the compressor unit (7). The heat pump has a region of the part-load operation that is broadened in the direction of low heat source power. To that end, the heat pump comprises a second bypass line (45) with means for metering the throughflow quantity (46), wherein by means of the second bypass line a liquid phase of the fluid can be introduced into the first bypass line (42).

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 Rechenbericht (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)

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Wärmepumpe (12, 26) mit einem Fluidkreislauf (21, 28) mit mindestens einem Verdampfer (10), einer stromab nachfolgenden Verdichter-Einheit (7), mindestens einem stromab nachfolgenden Verflüssiger (8), und einer stromab nachfolgenden Expansionseinheit (9), und einer ersten Bypass-Leitung (42) mit mindestens einem Bypass-Ventil (43), so dass der Fluidkreislauf stromab der Verdichter-Einheit (7) und stromauf des Verflüssigers (8) fluidisch mit dem Fluidkreislauf stromab des Verdampfers (10) und stromauf der Verdichter-Einheit (7) verbindbar ist. Die Wärmepumpe weist einen in Richtung niedriger Wärmequellen-Leistung erweiterten Bereich des Teillastbetriebes auf. Hierzu umfasst die Wärmepumpe eine zweite Bypass-Leitung (45) mit Mitteln zur Dosierung der Durchflussmenge (46), wobei mittels der zweiten Bypass-Leitung eine Flüssigphase des Fluids in die erste Bypass-Leitung (42) einleitbar ist.

Beschreibung

Wärmepumpe und Verfahren zum Betreiben einer Wärmepumpe

5

Die Erfindung bezieht sich auf eine Wärmepumpe mit einem Fluidkreislauf, in dem ein Arbeitsfluid zirkuliert. Der Fluidkreislauf umfasst mindestens einen Verdampfer zur Übertragung von Wärmeenergie einer Wärmequelle auf das Fluid, eine stromab nachfolgende Verdichter-Einheit zur Verdichtung des Fluids, mindestens einen stromab nachfolgenden Verflüssiger zur Abgabe von Wärmeenergie des Fluids an eine Wärmesenke auf höherem Temperaturniveau als die Wärmequelle, und eine stromab nachfolgende Expansionseinheit zur Expansion des Fluids. Die Wärmepumpe umfasst zudem eine erste Bypass-Leitung mit mindestens einem Bypass-Ventil, so dass der Fluidkreislauf stromab der Verdichter-Einheit und stromauf des Verflüssigers fluidisch mit dem Fluidkreislauf stromab des Verdampfers und stromauf der Verdichter-Einheit verbindbar ist.

20

Die Erfindung bezieht sich auch auf ein Verfahren zum Betreiben einer Wärmepumpe, wobei ein Fluid kontinuierlich in einem Fluidkreislauf geführt wird und hierbei Wärmeenergie von einer Wärmequelle auf das Fluid in einem Verdampfer übertragen wird, wobei das Fluid zumindest teilweise verdampft und das Fluid nachfolgend verdichtet wird. Anschließend wird das Fluid zur Abgabe von Wärmeenergie an eine Wärmesenke auf einem höheren Temperaturniveau als die Wärmequelle mindestens teilweise verflüssigt und nachfolgend zur Abkühlung expandiert, wobei in einem Teillastbetrieb vom Fluidkreislauf nach der Verdichtung und vor der Verflüssigung ein erster Teilstrom des Fluids über eine erste Bypass-Leitung abgezweigt wird und dem Fluidkreislauf stromab des Verdampfers und vor der Verdichtung wieder zugeführt wird.

35

In Wärmepumpen wird durch die Verdampfung eines Fluids, welches in dem Fluidkreislauf der Wärmepumpe in einer Arbeitsrichtung zirkuliert, thermische Energie, das heißt Wärme, von einer Wärmequelle aufgenommen und an eine Wärmesenke abgege-

ben. Hierbei wird das Fluid mit der aufgenommenen thermischen Energie mittels eines Verdichters auf ein erhöhtes Druckniveau gebracht und anschließend bei einer im Vergleich zu einer Verdampfungstemperatur erhöhten Verflüssigungstemperatur verflüssigt. Um das Fluid am Ende des Kreislaufs zurück in den Ausgangszustand zu bringen, wird es expandiert, wodurch sich seine Temperatur wieder absenkt.

Die Effizienz einer Wärmepumpe wird mittels einer Leistungszahl (eng. Coefficient of Performance; COP) gemessen, wobei die Leistungszahl bestenfalls durch den reziproken Wirkungsgrad eines Carnot-Prozesses gegeben ist. Die Leistungszahl entspricht dem Quotienten aus Nutzen zu Aufwand. Wird die Wärmepumpe zum Heizen der Wärmesenke verwendet, entspricht dies der an die Wärmesenke abgegebenen Wärmemenge Q_{warm} geteilt durch den Arbeitsaufwand W_{mech} des Verdichters. Je größer die betragsmäßige Differenz (Temperaturhub) zwischen der Verdampfungs- und Verflüssigungstemperatur des Fluids ist, desto niedriger ist die Effizienz der Wärmepumpe.

Idealerweise ist der Massenstrom, das Temperaturniveau und die zeitliche Verfügbarkeit der Wärmequelle nahezu konstant, um auf eine gleichbleibende Effizienz und Leistung der Wärmepumpe zurück greifen zu können. Wird die Wärmepumpe mit Abwärme aus industriellen Prozessen betrieben, können Schwankungen der drei Parameter auftreten. In diesen Fällen muss bei reduzierten Parametern die Wärmepumpe in Teillast fahren, um so viel Wärmemenge der Wärmequelle wie möglich ausnutzen zu können. In Zeiträumen mit verminderter Wärmequellenleistung strömt ein verminderter Volumenstrom verdampften Fluids aus dem Verdampfer. Umfasst die Verdichter-Einheit der Wärmepumpe Kolben- oder Schraubenverdichter nach dem Verdrängungsprinzip, werden derartige Wärmepumpen des Standes der Technik im Teillastbetrieb beispielsweise durch Anpassung der Drehzahl der Verdichter an den reduzierten Volumenstrom des verdampften Fluids angepasst. Wärmepumpen zur Verwendung von Abwärme aus industriellen Prozessen umfassen aber oftmals Turboverdichter als Verdichtungsmaschinen nach dem Strömungs-

prinzip. Eine Anpassung des Betriebs von Turboverdichtern an einen reduzierten Volumenstrom des aus dem Verdampfer strömenden gasförmigen Fluids mittels Drehzahlregelung mit einem Frequenzumrichter ist nur in einem begrenzten Teillastbereich (bis auf ca. 90% des Volumenstroms)möglich. Würde die Drehzahl weiter verringert, könnte es zu einem Zusammenbruch der Strömung auf der Druckseite des Turboverdichters kommen und zu einem sogenannten Pumpvorgang am Turboverdichter. Dies ist zu vermeiden, so dass der Volumenstrom einen vom Betriebspunkt des Verdichters abhängigen Mindestvolumenstrom nicht unterschreitet. Zur Anpassung des Betriebs von Turboverdichtern an einen aus dem Verdampfer strömenden reduzierten Volumenstrom ist es auch bekannt, die Turboverdichter mit verstellbarem Anstellwinkel der Vorleitschaufeln (IGV) auszustatten. Durch eine Verstellung der Vorleitschaufeln kann der Volumenstrom bis auf ca. 70% des Volumenstroms bei gleichbleibendem Druckverhältnis gedrosselt werden. Weiterhin ist bekannt, zur Anpassung des Betriebs von Wärmepumpen an einen reduzierten Volumenstrom des aus dem Verdampfer strömenden Fluids eine Bypass-Leitung mit mindestens einem Bypass-Ventil anzuordnen, so dass der Fluidkreislauf stromab der Verdichter-Einheit und stromauf des Verflüssigers fluidisch mit dem Fluidkreislauf stromab des Verdampfers und stromauf der Verdichter-Einheit verbindbar ist. Mittels des Bypass-Ventils lässt sich der durch die Verdichter-Einheit strömende Volumenstrom einstellen. Allerdings wird durch den über die Bypass-Leitung strömenden Teilstrom auch die Temperatur des Sauggases (Fluid im Eintrittsbereich der Verdichter-Einheit) erhöht und somit auch die Temperatur des Druckgases (Fluid am Ausgang der Verdichter-Einheit). Sowohl für das Fluid selbst (aufgrund thermische Zersetzung oberhalb einer kritischen Temperatur) als auch für die Verdichter-Materialien (thermische Spannungen) gibt es Temperaturobergrenzen. Diese können je nach Fluid und Materialien unterschiedlich sein, wobei die niedrigere der beiden Temperaturen den über die Bypass-Leitung strömenden Anteil des Fluidstroms begrenzt und damit auch den Bereich des Teillastbetriebes der Wärmepumpe in Richtung niedriger Wärmequellen-Leistung.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Wärmepumpe der eingangs genannten Art und ein Verfahren zum Betreiben einer derartigen Wärmepumpe anzugeben, bei der/dem die Wärmepumpe
5 einen in Richtung niedriger Wärmequellen-Leistung erweiterten Bereich des Teillastbetriebes aufweist.

Die Aufgabe wird bei einer Wärmepumpe der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass eine zweite Bypass-Leitung mit Mit-
10 teln zur Dosierung der Durchflussmenge umfasst ist, wobei mittels der zweiten Bypass-Leitung eine Flüssigphase des Fluids in die erste Bypass-Leitung und/oder stromab des Verdampfers und stromauf der Verdichter-Einheit in den Fluidkreislauf einleitbar ist.

15 Die erfindungsgemäße Wärmepumpe ist zur Verwendung in dem erfindungsgemäßen Verfahren ausgebildet. Im Teillastbetrieb der Wärmepumpe wird das über die zweite Bypass-Leitung strömende Fluid mit dem über die erste Bypass-Leitung strömenden Fluid
20 vermischt und verdampft hierbei. Durch die Beimischung der flüssigen Phase wird die Temperatur des ersten Teilstroms von der Druckgastemperatur auf eine niedrigeren Mischtemperatur abgesenkt. Der über die zweite Bypass-Leitung abgezweigte zweite Teilstrom, welcher unabgezweigt eigentlich in den Ver-
25 dampfer geleitet werden würde, wird erfindungsgemäß mittels des ersten Teilstroms verdampft, ohne dass die Wärmequelle hierfür verwendet werden müsste. Die Vermischung erfolgt bevorzugt innerhalb der ersten Bypass-Leitung, indem die zweite Bypass-Leitung in die erste Bypass-Leitung einmündet. Die
30 Vermischung kann aber auch innerhalb des Fluidkreislaufs stromab des Verdampfers und stromauf der Verdichter-Einheit erfolgen, indem beide Bypass-Leitungen in diesem Bereich in den Fluidkreislauf einmünden und die Teilströme sich dort miteinander vor Eintritt in die Verdichter-Einheit vermi-
35 schen. Diese alternative Variante bietet sich insbesondere an, wenn der Fluidkreislauf stromab des Verdampfers über einen Umweg zum Verdichter verläuft und eine entsprechend lange

Strecke in diesem Bereich des Fluidkreislaufs für die Vermischung der beiden Teilströme zur Verfügung steht.

Die beiden Bypass-Leitungen umfassen für den Teillastbetrieb
5 im Falle der ersten Bypass-Leitung mindestens ein Ventil und
im Falle der zweiten Bypass-Leitung Mittel zur Dosierung der
Durchflussmenge. Bei den Mitteln zur Dosierung der Durch-
flussmenge der zweiten Bypass-Leitung kann es sich beispiels-
weise um eine Pumpe und/oder ein Ventil handeln. Die Ventile
10 bzw. die Pumpe können einstellbar und/oder steuerbar und/oder
regelbar sein und beispielsweise von einer Steuer/Regeleinrichtung einer die Wärmepumpe umfassenden Wärmepumpenanlage ansteuerbar und/oder regelbar sind.

15 Die Volumenströme und deren Verhältnis zueinander können im
Teillastbetrieb der Wärmepumpe so zueinander gewählt werden,
dass das Fluid zu Beginn, während und am Ende der Verdichtung
mindestens gesättigt dampfförmig bis überhitzt ist. Dies ver-
meidet bei der Verwendung von Turboverdichtern Flüssigkeits-
20 schläge am Verdichter. Die Volumenströme und deren Verhältnis
zueinander können im Teillastbetrieb der Wärmepumpe so zuei-
nander gewählt werden, dass eine material- oder gasabhängige
Maximaltemperatur am Ende der Verdichtung nicht überschritten
wird. Dies vermeidet eine Zersetzung des Fluids und verhin-
25 dert Materialschäden in der Verdichter-Einheit aufgrund zu
hoher Temperaturen. Durch die erfindungsgemäße Ausbildung der
Wärmepumpe kann die Wärmepumpe im Teillastbetrieb mit höherem
Volumenstrom betrieben werden und eignet sich somit besonders
zur Erweiterung des Teillastbereiches bei Wärmepumpen mit
30 mindestens einem Turboverdichter. Bei einem Turboverdichter
ist auf einen ausreichend hohen Volumenstrom am jeweiligen
Betriebspunkt des Turboverdichters zu achten, der einen be-
triebspunktabhängigen Mindestvolumenstrom nicht unterschrei-
ten sollte, damit die Strömung zur Druckseite des Verdichters
35 hin nicht zusammenbricht. Wird die Wärmepumpe mit einer Wär-
mequelle betrieben, deren Leistung stark schwankt und zeit-
weise besonders geringe Werte annehmen kann, kann gemäß einem
Ausführungsbeispiel der Erfindung eine Steuer/Regeleinheit

- vorgesehen sein, welche im Teillastbetrieb den Volumenstrom über die Bypass-Leitungen und das Verhältnis der beiden Teilströme zueinander so einstellt und überwacht, dass eine material- oder gasabhängige Maximaltemperatur am Ende der Verdichtung nicht überschritten wird und die Wärmepumpe bei zu geringer Wärmequellen-Leistung abgeschaltet wird. Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung kann im Teillastbetrieb der Wärmepumpe diese in Kombination mit einer Drehzahl-Einstellung und/oder -Steuerung und/oder -Regelung der Verdichter vorgenommen werden. Bei Turboverdichtern kann alternativ oder zusätzlich eine Kombination mit einer Einstellung und/oder Steuerung und/oder Regelung des Anstellwinkels von Leitschaufeln vorgenommen werden.
- Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in der nachfolgenden Beschreibung und den Unteransprüchen angegeben, deren Merkmale einzeln und in beliebiger Kombination miteinander angewendet werden können.
- Es kann bei der erfindungsgemäßen Wärmepumpe vorteilhaft vorgesehen sein, dass die Verdichter-Einheit mindestens einen Verdichter umfasst, wobei der Verdichter ein Turboverdichter ist.
- Diese Ausgestaltung der Erfindung eignet sich besonders für Wärmepumpen in der industriellen Anwendung im Leistungsbereich von mehr als 500 kW. Erfindungsgemäß wird im Teillastbetrieb der Wärmepumpe gegenüber dem Stand der Technik ein stärkerer Volumenstrom über die Bypass-Leitungen ermöglicht, so dass bei einer erfindungsgemäßen Wärmepumpe mit mindestens einem Turboverdichter erst bei niedrigeren Wärmequellen-Leistungen ein betriebspunktabhängiger Mindestvolumenstrom nicht mehr aufrechterhalten werden kann.
- Vorteilhafterweise kann bei einer erfindungsgemäßen Wärmepumpe vorgesehen sein, dass die Expansionseinheit mindestens zwei in Reihe geschaltete Expansionsvorrichtungen umfasst, wobei ein Abscheider zur Trennung einer Gas- und Flüssigphase

zwischen den beiden Expansionsvorrichtungen zwischengeschaltet ist, wobei die zweite Bypass-Leitung fluidisch mit einem für die Ansammlung der Flüssigphase ausgebildeten Bereich des Abscheiders verbunden ist.

5

Die Expansionsvorrichtung kann eine Drossel sein. Eine Drossel weist eine Verengung des Strömungspfad auf, so dass das Fluid aufgrund des verringerten Drucks während des Durchströmens des verengten Abschnitts expandiert. Der Querschnitt der Drossel kann einstellbar sein. Der zwischen den beiden Expansionsvorrichtungen angeordnete Abscheider dient der Verbesserung des Wirkungsgrads der Wärmepumpe, indem die abgeschiedene gasförmige Phase mindestens teilweise dem Fluidkreislauf zwischen zwei Verdichtungsschritten zugeführt wird. Gemäß der erfindungsgemäßen Ausgestaltung ist die zweite Bypass-Leitung fluidisch mit einem für die Ansammlung der Flüssigphase ausgebildeten Bereich des Abscheiders verbunden. Der Abscheider kann einen Druckbehälter zur Trennung der Gas- und Flüssigphase umfassen. In dem Druckbehälter sammelt sich in einem oberen Bereich die gasförmige Phase des Fluids an, wobei in diesem Bereich das gasförmige Fluid über eine Zuleitung von dem mindestens einen Verdichter angesaugt werden kann. Die zweite Bypass-Leitung kann beispielsweise von dem unteren Bereich des Druckbehälters abzweigen.

25

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung kann vorsehen, dass die zweite Bypass-Leitung fluidisch mit einem im Betrieb überfluteten Bereich des Verdampfers verbunden ist.

30

Diese Ausgestaltung der Erfindung eignet sich auch für Wärmepumpen ohne Abscheider.

Vorteilhafterweise kann weiter vorgesehen sein, dass die Wärmepumpe Mittel zur Überhitzung des aus dem Verdampfer strömenden Fluids mit einem Wärmetauscher umfasst, welcher derart ausgebildet ist, dass er thermisch aus dem Verflüssiger strömendes Fluid vor Eintritt in die Expansionseinheit mit aus

35

dem Verdampfer strömenden Fluid vor Eintritt in die Verdichter-Einheit verbindet, wobei die erste Bypass-Leitung stromab des Wärmetauschers in den Fluidkreislauf und die zweite Bypass-Leitung in die erste Bypass-Leitung oder ebenfalls

5 stromab des Wärmetauschers in den Fluidkreislauf einmündet.

Diese Ausgestaltung der Erfindung ermöglicht die Verwendung von Hochtemperaturfluiden mit einer positiven Steigung der Taulinie in einem Temperatur-über-Entropie-Diagramm. Um während der Verdichtung des Fluids (sowohl in Voll- als auch in

10 Teillast) nicht in einen Zustandsbereich des Fluides zu gelangen, in welchem es zu Tropfenbildung und damit zu Schäden durch Tropfenschlag in der Verdichter-Einheit kommt, muss das Fluid vor Eintritt in die Verdichter-Einheit überhitzt werden. Der Grad der Überhitzung kann mittels der Fläche des

15 Wärmetauschers für den Volllastbetrieb ausgelegt werden.

Die beiden Bypass-Leitungen können beispielsweise in den Ausgangsbereich des Wärmetauschers in den Fluidkreislauf einmünden. Für eine Startphase des Wärmepumpenbetriebs kann eine

20 Heizquelle mit externer Energieversorgung zuschaltbar sein, welche zur Übertragung von Wärme auf das Fluid im Fluidkreislauf stromab des Wärmetauschers und stromauf der Verdichter-Einheit angeordnet und ausgebildet ist.

25 Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs genannten Art zum Betreiben einer Wärmepumpe anzugeben, mit welchem ein in Richtung niedriger Wärmequellen-Leistung erweiterter Bereich des Teillastbetriebes ermöglicht ist.

30 Die Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einem Verfahren der eingangs genannten Art zum Betrieb einer Wärmepumpe dadurch gelöst, dass vom Fluidkreislauf nach der teilweisen Verflüssigung und stromauf des Verdampfers über eine zweite Bypass-

35 Leitung ein flüssiger Teilstrom abgezweigt und mit dem ersten Teilstrom vor der Verdichtung vermischt wird.

Im Teillastbetrieb der Wärmepumpe wird das über die zweite Bypass-Leitung strömende Fluid mit dem über die erste Bypass-

Leitung strömenden Fluid vermischt und verdampft hierbei. Durch die Beimischung der flüssigen Phase wird die Temperatur des ersten Teilstroms von der Druckgastemperatur auf eine niedrigeren Mischtemperatur abgesenkt. Der über die zweite Bypass-Leitung abgezweigte zweite Teilstrom, welcher unabgezweigt eigentlich in den Verdampfer geleitet werden würde, wird erfindungsgemäß mittels des ersten Teilstroms verdampft, ohne dass die Wärmequelle hierfür verwendet werden müsste. Die Vermischung erfolgt bevorzugt innerhalb der ersten Bypass-Leitung. Hierzu kann der flüssige Teilstrom in die erste Bypass-Leitung geleitet werden, indem beispielsweise die zweite Bypass-Leitung in die erste Bypass-Leitung einmündet. Die Vermischung kann aber auch zusätzlich oder alternativ innerhalb des Fluidkreislaufs stromab des Verdampfers und vor der Verdichtung des Fluids erfolgen, indem der flüssige Teilstrom zusätzlich oder alternativ in den Fluidkreislauf stromab des Verdampfers und vor der Verdichtung geleitet wird, beispielsweise indem die zweite Bypass-Leitung zusätzlich oder alternativ in den Fluidkreislauf in diesem Bereich einmündet.

Durch die erfindungsgemäße Ausbildung des Verfahrens kann die Wärmepumpe im Teillastbetrieb mit höherem Volumenstrom betrieben werden und eignet sich somit besonders zur Erweiterung des Teillastbereiches bei Wärmepumpen mit mindestens einem Turboverdichter. Bei einem Turboverdichter sollte auf einen ausreichend hohen Volumenstrom am jeweiligen Betriebspunkt des Turboverdichters geachtet werden, der einen betriebspunktabhängigen Mindestvolumenstrom nicht unterschreiten sollte, damit die Strömung zur Druckseite des Verdichters hin nicht zusammenbricht.

Es kann auch als vorteilhaft angesehen werden, dass im Teillastbetrieb der Wärmepumpe das Verhältnis des ersten und zweiten Teilstroms derart eingestellt und/oder gesteuert und/oder geregelt wird, dass das Fluid zu Beginn, während und am Ende der Verdichtung mindestens gesättigt dampfförmig bis überhitzt ist.

Diese Ausgestaltung der Erfindung verhindert insbesondere bei einer Wärmepumpe mit mindestens einem Turboverdichter Schäden durch Flüssigkeit im Verdichter. Um im Teillastbetrieb das Verhältnis des ersten und zweiten Teilstroms einzustellen und/oder zu steuern und/oder zu regeln, kann im Falle der ersten Bypass-Leitungen mindestens ein Ventil vorgesehen sein und im Fall der zweiten Bypass-Leitung Mittel zur Dosierung der Durchflussmenge wie beispielsweise eine Pumpe und/oder ein Ventil. Die Ventile bzw. die Pumpe können einstellbar und/oder steuerbar und/oder regelbar sein und beispielsweise mittels einer Steuer/Regeleinrichtung ansteuerbar und/oder regelbar sind. Die Einstellung und/oder Steuerung und/oder Regelung des Volumenstroms kann gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung in Kombination mit einer Drehzahl-Einstellung und/oder -Steuerung und/oder -Regelung der Verdichter vorgenommen werden. Bei Turboverdichtern kann gemäß diesem Ausführungsbeispiel zusätzlich eine Kombination mit einer Einstellung und/oder Steuerung und/oder Regelung des Anstellwinkels von Leitschaufeln vorgenommen werden.

Es kann auch als vorteilhaft angesehen werden, dass im Teillastbetrieb der Wärmepumpe das Verhältnis des ersten und zweiten Teilstroms derart eingestellt und/oder gesteuert und/oder geregelt wird, dass eine material- oder gasabhängige Maximaltemperatur am Ende der Verdichtung nicht überschritten wird.

Diese Ausgestaltung der Erfindung eignet sich für den Betrieb von Wärmepumpen mit einer Wärmequelle, deren Leistung stark schwankt und zeitweise den Betrieb der Wärmepumpe im Grenzbereich des Betriebsbereichs der Wärmepumpe erforderlich macht. Die Ausgestaltung verhindert eine Zersetzung des Fluids und Materialschäden in dem mindestens einen zur Verdichtung verwendeten Verdichter aufgrund zu hoher Temperaturen.

Vorteilhafterweise kann weiter vorgesehen sein, dass im Teillastbetrieb der Volumenstrom des ersten und zweiten Teil-

stroms derart eingestellt und/oder gesteuert und/oder geregelt wird, dass ein vom Betriebspunkt des Verdichters abhängiger Mindestvolumenstrom nicht unterschritten wird.

- 5 Diese Ausgestaltung der Erfindung eignet sich besonders bei der Verwendung einer Wärmepumpe mit mindestens einem Turboverdichter zur Durchführung des Verfahrens.

10 Es kann auch als vorteilhaft angesehen werden, dass der flüssige Teilstrom in die erste Bypass-Leitung geleitet wird und/oder in den Fluidkreislauf stromab des Verdampfers und vor der Verdichtung.

15 Diese Ausgestaltung der Erfindung ermöglicht eine Vermischung der beiden Teilströme innerhalb der ersten Bypass-Leitung und/oder innerhalb des Fluidkreislaufs stromab des Verdampfers und vor der Verdichtung.

20 Die Vermischung erfolgt bevorzugt innerhalb der ersten Bypass-Leitung. Hierzu kann der flüssige Teilstrom in die erste Bypass-Leitung geleitet werden, indem beispielsweise die zweite Bypass-Leitung in die erste Bypass-Leitung einmündet. Die Vermischung kann aber auch zusätzlich oder alternativ innerhalb des Fluidkreislaufs stromab des Verdampfers und vor
25 der Verdichtung des Fluids erfolgen, indem der flüssige Teilstrom zusätzlich oder alternativ in den Fluidkreislauf stromab des Verdampfers und vor der Verdichtung geleitet wird, beispielsweise indem die zweite Bypass-Leitung zusätzlich oder alternativ in den Fluidkreislauf in diesem Bereich ein-
30 mündet.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung kann vorsehen, dass die Wärmepumpe mit einem Hochtemperaturfluid betrieben wird, dessen Taulinie im Wesentlichen eine positive
35 Steigung in einem Temperatur-über-Entropie-Diagramm aufweist, und Wärmeenergie des Fluidkreislaufs nach der Verflüssigung und vor der Expansion auf das Fluid stromab des Verdampfers und vor der Verdichtung übertragen wird, so dass das Fluid

bei Beginn, während und nach der Verdichtung überhitzt ist, wobei im Teillastbetrieb der erste Teilstrom oder alternativ beide Teilströme nach der Übertragung der Wärmeenergie dem Fluidkreislauf zugeführt werden.

5

Die vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ermöglicht einen Betrieb der Wärmepumpe mit Hochtemperaturfluiden, die eine derartige Steigung der Taulinie aufweisen und deshalb vor der Verdichtung überhitzt werden müssen zur Vermeidung von Schäden am Verdichter. Die Übertragung der Wärmeenergie kann mittels eines Wärmetauschers erfolgen. Durch die Auslegung der Fläche des Wärmetauschers lässt sich ein Grad der Überhitzung einstellen. Beispielsweise kann dieser derart gewählt werden, dass sowohl in Volllast als auch in Teillast das Fluid nach der Verdichtung sich in einem Zustand befindet, der einen Sicherheitsabstand (Temperaturdifferenz) zur Taulinie einhält.

Weiter kann vorteilhaft vorgesehen sein, dass die Expansion in mindestens zwei Expansionsschritten erfolgt, wobei mindestens zwischen zwei Expansionsschritten eine Gas-Phase des Fluids von einer Flüssig-Phase des Fluids separiert wird, und der flüssige Teilstrom von der Flüssig-Phase abgezweigt wird.

Die zwischen zwei Expansionsschritten erfolgende Separierung einer Gas-Phase von einer Flüssig-Phase dient der Verbesserung des Wirkungsgrads der Wärmepumpe, indem die abgeschiedene gasförmige Phase mindestens teilweise dem Fluidkreislauf zwischen zwei Verdichtungsschritten zugeführt wird. Gemäß der erfindungsgemäßen Ausgestaltung wird die separierte Flüssig-Phase, die andernfalls vollständig dem Verdampfer zugeführt werden würde, teilweise über die zweite Bypass-Leitung als zweiter Teilstrom abgezweigt.

Es kann auch als vorteilhaft angesehen werden, dass der flüssige Teilstrom von einem überfluteten Bereich des Verdampfers abgezweigt wird.

Diese Ausgestaltung der Erfindung eignet sich auch für den Betrieb von Wärmepumpen ohne Abscheider.

Weitere zweckmäßige Ausgestaltungen und Vorteile der Erfindung sind Gegenstand der Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung unter Bezug auf die Figur der Zeichnung, wobei gleiche Bezugszeichen auf gleich wirkende Bauteile verweisen.

10 Dabei zeigt die

Fig. 1 schematisch einen Fluidkreislauf einer Wärmepumpe nach dem Stand der Technik,

15 Fig. 2 schematisch ein Temperatur-über-Entropie Diagramm des Fluids R134a mit eingezeichnetem Zustandsverlaufs während des in Figur 1 dargestellten Fluidkreislaufs einer Wärmepumpe nach dem Stand der Technik,

20

Fig. 3 schematisch ein Temperatur-über-Entropie-Diagramm eines Fluids mit einer Taulinie mit im Wesentlichen positiver Steigung und eingezeichnetem Zustandsverlaufs des Fluids bei Durchlaufen des in Figur 1
25 dargestellten Fluidkreislaufs einer Wärmepumpe nach dem Stand der Technik,

Fig. 4 schematisch einen Fluidkreislauf einer Wärmepumpe gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung, und
30

Fig. 5 schematisch ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

35 Figur 1 zeigt schematisch einen Fluidkreislauf 21 einer Wärmepumpe 12 nach dem Stand der Technik. Das Fluid 2 wird in einer Strömungsrichtung 11 durch die Wärmepumpe 12 gefördert. Ein Verdampfer 10 verdampft das Fluid unter Aufnahme von Wär-

meenergie der Wärmequelle 4, so dass es einen Dampfzustand 1 einnimmt. In diesem Dampfzustand 1 tritt das Fluid 2 in eine Verdichter-Einheit 7, welche einen Verdichter 7a umfasst, ein und wird auf einen Verdichtungszustand 3 verdichtet. In dem
5 Verdichtungszustand 3 strömt es in einen Verflüssiger 8 unter Abgabe von Wärmeenergie an die Wärmesenke 20 und wird in einen kondensierten Zustand 5 überführt, und schließlich in einer Expansionseinheit 9 mit einer Expansionsvorrichtung 9a expandiert. Infolgedessen nimmt das Fluid 2 einen Expansions-
10 zustand 6 an, wobei es in diesem Zustand wiederum dem Verdampfer 10 zugeführt wird. Das Fluid wird also während des Betriebs der Wärmepumpe 12 kontinuierlich entsprechend der Strömungsrichtung 11 durch die Wärmepumpe 12 gefördert und nimmt hierbei bei der Verdampfung im Verdampfer 10 Wärme der
15 Wärmequelle 4 auf und gibt während der Verflüssigung im Verflüssiger 8 Wärmeenergie auf einem höheren Temperaturniveau als das der Wärmequelle 4 an die Wärmesenke 20 ab.

Figur 2 zeigt ein Temperatur-über-Entropie-Diagramm 23, welches entsprechend der Bildebene nach rechts zu, also auf der
20 Abszissenachse eine Entropie 14 und auf der Bildebene nach oben zu, also auf der Ordinatenachse eine Temperatur 13 darstellt. Das Temperatur-über-Entropie-Diagramm 23 stellt sowohl eine Taulinie 18, eine Siedelinie 19, sowie unterschiedliche
25 Aggregatzustände eines Fluids dar. Die Taulinie 18 grenzt eine Gasphase 15 von einem 2-Phasengebiet 16 ab, wobei im 2-Phasengebiet 16 das Fluid sowohl in flüssigem, als auch in gasförmigem Zustand vorliegt. Die Siedelinie 19 grenzt das 2-Phasengebiet 16 von einer Flüssigkeitsphase 17 ab. Das dar-
30 gestellte Temperatur-über-Entropie-Diagramm 23 zeigt eine Taulinie 18 eines Fluids mit im Wesentlichen negativer Steigung.

Ebenfalls in Figur 2 schematisch dargestellt, sind verschiedene thermodynamische Zustände des Fluids, welches das Fluid
35 beim Durchlaufen des in Figur 1 dargestellten Fluidkreislaufs einer Wärmepumpe nach dem Stand der Technik annimmt. Ausgehend vom Dampfzustand 1 wird entsprechend der Strömungsrich-

tung 11 durch Verdichtung der Verdichtungszustand 3 erreicht. Der Verdichtungszustand 3 befindet sich innerhalb der Gasphase 15, weshalb der Verdichter 7a bei einer Ausgestaltung als Turboverdichter keine Schäden durch Flüssigkeitsschläge in Folge von Tropfenbildung im Fluid nehmen würde. Die dargestellte Verbindungslinie zwischen den einzelnen Zuständen sind in Figur 2 und Figur 3 als gerade Verbindungslinien dargestellt, können jedoch auch von diesem idealen Verlauf abweichen. Ausgehend vom Verdichtungszustand 3 wird durch den Verflüssiger 8 der kondensierte Zustand 5 eingestellt, welcher sich auf der Siedelinie befindet. Ausgehend vom kondensierten Zustand 5 wird durch den Durchtritt des Fluids durch die Expansionsvorrichtung 9a der Expansionszustand 6 erreicht und anschließend durch Energiezufuhr im Verdampfer 10 wieder der Dampfzustand 1 des Fluids erreicht. Somit ist der Kreislauf der Wärmepumpe 12 geschlossen.

Figur 3 zeigt analog zu Figur 2 ein Temperatur-über-Entropie-Diagramm 24, allerdings für ein anderes Fluid. Der Verlauf der Siedelinie 19 und sowie der Taulinie 18 des Fluids grenzt ein stark überhängendes 2-Phasengebiet 16 ein, so dass die Taulinie 18 im Wesentlichen eine positive Steigung aufweist. Wird ein solches Fluid dem Fluidkreislauf der in Figur 1 dargestellten Wärmepumpe gemäß dem Stand der Technik unterworfen, liegt der Verdichtungszustand 3 innerhalb des 2-Phasengebietes 16. Demzufolge kann es im Verdichter 7a im Falle eines Turboverdichters zu Schäden durch Flüssigkeitsschläge kommen.

Figur 4 zeigt schematisch einen Fluidkreislauf 28 einer Wärmepumpe 26 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung. Im Fluidkreislauf 28 sind in Strömungsrichtung auf einen Verdampfer 10 folgend eine Verdichter-Einheit 7 mit zwei Verdichtern 7a, 7b angeordnet. Die Verdichter 7a und 7b sind in Reihe angeordnet und können als Turboverdichter ausgebildet sein. Stromab der Verdichter-Einheit 7 umfasst der Fluidkreislauf 28 einen Verflüssiger 8 und nachfolgend eine Expansionseinheit 9 mit zwei in Reihe angeordnete Expansionsvor-

richtungen 9a, 9b. Die Expansionsvorrichtung 9a und/oder 9b kann als Drossel oder beispielsweise als Expansionsventil ausgebildet sein. Der Fluidkreislauf 28 der Wärmepumpe 26 umfasst zudem zur Überhitzung des aus dem Verdampfer 10 ausströmenden Fluids Mittel 34 mit einem Wärmetauscher 32. Der Wärmetauscher 32 ist derart ausgebildet, dass er thermisch das aus dem Verflüssiger 8 strömende Fluid vor Eintritt in die Expansionseinheit 9 mit dem aus dem Verdampfer 10 strömenden Fluid vor Eintritt in die Verdichtereinheit 7 verbindet. Zusätzlich ist ein Abscheider 30 zur Trennung einer Gas- und Flüssigphase zwischen die beiden Expansionsvorrichtungen 9a und 9b zwischengeschaltet mit einer zwischen den beiden Verdichtern 7a und 7b in den Fluidkreislauf 28 mündenden Gasphasen-Einleitung 36. Um während einer Startphase eine ausreichende Überhitzung des aus dem Verdampfer 10 strömenden Fluids zu gewährleisten, umfassen die Mittel 34 zusätzlich eine zuschaltbare Heizvorrichtung 38, welche mit einer externen Energiequelle 40 beheizbar ist. Für den Betrieb in Teillast umfasst die Wärmepumpe 26 eine erste Bypass-Leitung 42 mit einem Bypass-Ventil 43, so dass der Fluidkreislauf 28 stromab der Verdichter-Einheit 7 und stromauf des Verflüssigers 8 fluidisch mit dem Fluidkreislauf 28 stromab des Verdampfers 10 und stromauf der Verdichter-Einheit 7 verbunden ist und eine zweite Bypass-Leitung 45. Die zweite Bypass-Leitung umfasst Mittel 46 zur Dosierung der Durchflussmenge, welche als Ventil 47 ausgebildet sind. Die zweite Bypass-Leitung 45 zweigt vom Abscheider 30 ab und mündet in die erste Bypass-Leitung 42, so dass mittels der zweiten Bypass-Leitung 45 eine aus dem Abscheider 30 abgezweigte Flüssigphase des Fluids in die erste Bypass-Leitung 42 einleitbar ist.

Alternativ könnte die zweite Bypass-Leitung 45 anstatt vom Abscheider auch von einem überfluteten Bereich 49 abzweigen. Dieser alternative Verlauf der zweiten Bypass-Leitung ist in der Figur nicht dargestellt.

Das Verhältnis der im Teillastbetrieb über die Bypass-Leitungen strömenden Teilströme kann mittels des Ventils un-

der Mittel zur Dosierung einer Durchflussmenge derart eingestellt und/oder gesteuert und/oder geregelt werden, dass das Fluid zu Beginn (Dampfzustand 1b), während (Verdichtungs-
zustand 3a und 3b) und am Ende der Verdichtung (Verdichtungs-
zustand 3c) mindestens gesättigt dampfförmig bis überhitzt ist
und eine material- oder gasabhängige Maximaltemperatur am En-
de der Verdichtung (Verdichtungs-
zustand 3c) nicht überschritten wird.

- 10 Im Unterschied zu dem in Figur 1 dargestellten Fluidkreislauf ermöglicht die erfindungsgemäße Wärmepumpe 26 einen Betrieb der Wärmepumpe bei niedrigeren Wärmequellen-Leistungen. Zusätzlich ermöglicht das dargestellte Ausführungsbeispiel die Verwendung eines Hochtemperaturfluid mit positiver Steigung
15 der Taulinie in Verbindung mit einer hohen Leistungszahl.

Die Figur 5 zeigt schematisch in einem Ablaufdiagramm ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei in einem vorbereitenden Verfahrensschritt VS1 zum Betreiben
20 der Wärmepumpe ein Fluid mit einer Taulinie mit im Wesentlichen positiver Steigung in einem Druck-über-Enthalpie-Diagramm ausgewählt und verwendet wird.

In einem vorbereitenden Verfahrensschritt VS2 die Überhitzung des Fluids im Fluidkreislauf derart gewählt wird - z.B. mittels Auslegung der Wärmetauscherfläche -, dass der Abstand
25 zur Taulinie am Verdichter-Endpunkt mindestens 10K, insbesondere 10K bis 20K beträgt.

In einem vorbereitenden Verfahrensschritt VS3 einer Steuer/Regeleinheit Daten für einen Teillastbetrieb übergeben werden, insbesondere welche Maximaltemperatur des Druckgases einzuhalten ist und welche betriebspunktabhängigen Mindestvo-
lumenströme in der Verdichter-Einheit einzuhalten sind.

35 In einem Verfahrensschritt VS4 in einer Startphase des Betriebs der Wärmepumpe zur Überhitzung des Fluids eine Heizvorrichtung zugeschaltet wird. In einem Verfahrensschritt VS5 Wärmeenergie von einer Wärmequelle auf ein Fluid in einem

Verdampfer übertragen wird, wobei das Fluid zumindest teilweise verdampft. In einem Verfahrensschritt VS6 das Fluid nach der Übertragung der Wärmeenergie und vor der Verdichtung überhitzt wird, und hierbei Wärmeenergie des den Verflüssiger verlassenden Fluids vor einer Expansion entnommen wird und auf das den Verdampfer verlassende Fluid vor einer Verdichtung übertragen wird.

In einem Verfahrensschritt VS7 das Fluid nachfolgend in einem ersten Verdichtungsschritt verdichtet wird.

In einem Verfahrensschritt VS8 das verdichtete Fluid in einem zweiten Verdichtungsschritt verdichtet wird.

In einem Verfahrensschritt VS9 das Fluid zur Abgabe von Wärmeenergie an eine Wärmesenke auf einem höheren Temperaturniveau als die Wärmequelle mindestens teilweise verflüssigt wird. In einem Verfahrensschritt VS10 das Fluid zur Abkühlung in einem ersten Expansionsschritt expandiert wird. In einem Verfahrensschritt VS11 eine Gas-Phase des Fluids von einer Flüssig-Phase des Fluids separiert wird und das gasförmige Fluid mindestens teilweise dem Fluid zwischen mindestens zwei Verdichtungsschritten zugeführt wird. In einem Verfahrensschritt VS12 das Fluid in einem zweiten Expansionsschritt expandiert wird, und erneut dem Verdampfer zugeführt wird und das im Fluidkreislauf der Wärmepumpe zirkulierende Fluid kontinuierlich die Verfahrensschritte VS5 bis VS12 durchläuft. Wird die Wärmepumpe in einem Teillastbetrieb betrieben, wird zusätzlich kontinuierlich der Verfahrensschritt VS13 und VS14 wiederholt. Bei Verfahrensschritt VS13 werden vom Fluidkreislauf nach der Verdichtung und vor der Verflüssigung ein erster Teilstrom des Fluids über eine erste Bypass-Leitung abgezweigt und dem Fluidkreislauf stromab des Verdampfers und vor der Verdichtung wieder zugeführt und vom Fluidkreislauf nach der teilweisen Verflüssigung und stromauf des Verdampfers über eine zweite Bypass-Leitung ein flüssiger zweiter Teilstrom abgezweigt und mit dem ersten Teilstrom vermischt. Zudem werden in Abhängigkeit des aktuellen Volumenstroms im

Dampfzustand 1a, der aktuellen Temperatur im Verdichtungs-
zustand 3c und dem aktuellen Volumenstrom im Dampfzustand 1b
die Volumenströme über die beiden Bypass-Leitungen und deren
Verhältnis zueinander derart geregelt, dass das Fluid zu Be-
5 ginn, während und am Ende der Verdichtung mindestens gesät-
tigt dampfförmig bis überhitzt ist und die Maximaltemperatur
am Ende der Verdichtung nicht überschritten wird und ein vom
Betriebspunkt des Verdichters abhängiger Mindestvolumenstrom
nicht unterschritten wird. Bei Verfahrensschritt VS14 wird
10 überprüft, ob alle Bedingungen des Verfahrensschritt VS13 ak-
tuell eingehalten werden können. Falls nicht, wird in Verfah-
rensschritt VS15 die Wärmepumpe aufgrund zu geringer Leistung
der Wärmequelle abgeschaltet. Falls ja, wird Verfahrens-
schritt VS13 wiederholt.

15

Patentansprüche

1. Wärmepumpe (12, 26) mit einem Fluidkreislauf (21, 28) mit mindestens einem Verdampfer (10) zur Übertragung von Wärmeenergie einer Wärmequelle (4) auf das Fluid (2), einer stromab nachfolgenden Verdichter-Einheit (7) zur Verdichtung des Fluids, mindestens einem stromab nachfolgenden Verflüssiger (8) zur Abgabe von Wärmeenergie des Fluids an eine Wärmesenke (20) auf höherem Temperaturniveau als die Wärmequelle (4), und einer stromab nachfolgenden Expansionseinheit (9) zur Expansion des Fluids, und einer ersten Bypass-Leitung (42) mit mindestens einem Bypass-Ventil (43), so dass der Fluidkreislauf stromab der Verdichter-Einheit (7) und stromauf des Verflüssigers (8) fluidisch mit dem Fluidkreislauf stromab des Verdampfers (10) und stromauf der Verdichter-Einheit (7) verbindbar ist,
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h
eine zweite Bypass-Leitung (45) mit Mitteln zur Dosierung der Durchflussmenge (46), wobei mittels der zweiten Bypass-Leitung eine Flüssigphase des Fluids in die erste Bypass-Leitung (42) und/oder stromab des Verdampfers und stromauf der Verdichter-Einheit (7) in den Fluidkreislauf einleitbar ist.
2. Wärmepumpe (12, 26) nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
die Verdichter-Einheit (7) mindestens einen Verdichter (7a, 7b) umfasst, wobei der Verdichter (7a, 7b) ein Turboverdichter ist.
3. Wärmepumpe (12, 26) nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
die Expansionseinheit (9) mindestens zwei in Reihe geschaltete Expansionsvorrichtungen (9a, 9b) umfasst, wobei ein Abscheider (30) zur Trennung einer Gas- und Flüssigphase zwischen den beiden Expansionsvorrichtungen (9a, 9b) zwischengeschaltet ist, wobei die zweite Bypass-Leitung (45) fluidisch

mit einem für die Ansammlung der Flüssigphase ausgebildeten Bereich des Abscheiders (30) verbunden ist.

4. Wärmepumpe (12, 26) nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
die zweite Bypass-Leitung (45) fluidisch mit einem im Betrieb überfluteten Bereich (49) des Verdampfers verbunden ist.

5. Wärmepumpe (12, 26) nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
die Wärmepumpe Mittel (34) zur Überhitzung des aus dem Verdampfer strömenden Fluids (2) mit einem Wärmetauscher (32) umfasst, welcher derart ausgebildet ist, dass er thermisch aus dem Verflüssiger (8) strömendes Fluid vor Eintritt in die
15 Expansionseinheit (9) mit aus dem Verdampfer (10) strömenden Fluid vor Eintritt in die Verdichter-Einheit (7) verbindet, wobei die erste Bypass-Leitung (42) stromab des Wärmetauschers (32) in den Fluidkreislauf (28) und die zweite Bypass-Leitung (45) in die erste Bypass-Leitung oder ebenfalls
20 stromab des Wärmetauschers in den Fluidkreislauf einmündet.

6. Verfahren zum Betreiben einer Wärmepumpe, wobei ein Fluid kontinuierlich in einem Fluidkreislauf geführt wird und hierbei Wärmeenergie von einer Wärmequelle auf das Fluid in einem
25 Verdampfer übertragen wird, wobei das Fluid zumindest teilweise verdampft (VS5) und das Fluid nachfolgend verdichtet wird (VS7, VS8), und nachfolgend zur Abgabe von Wärmeenergie an eine Warmesenke auf einem höheren Temperaturniveau als die Wärmequelle mindestens teilweise verflüssigt wird (VS9), und
30 nachfolgend zur Abkühlung expandiert wird (VS10, VS12), und in einem Teillastbetrieb vom Fluidkreislauf nach der Verdichtung und vor der Verflüssigung ein erster Teilstrom des Fluids über eine erste Bypass-Leitung abgezweigt wird und dem Fluidkreislauf stromab des Verdampfers und vor der Verdichtung
35 wieder zugeführt wird,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
im Teillastbetrieb vom Fluidkreislauf nach der teilweisen Verflüssigung und stromauf des Verdampfers über eine zweite

Bypass-Leitung ein flüssiger zweiter Teilstrom abgezweigt und mit dem ersten Teilstrom vor der Verdichtung vermischt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
das Verhältnis des ersten und zweiten Teilstroms derart ein-
gestellt und/oder gesteuert und/oder geregelt wird, dass das
Fluid zu Beginn, während und am Ende der Verdichtung mindes-
tens gesättigt dampfförmig bis überhitzt ist.

10

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 oder 7

15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
das Verhältnis des ersten und zweiten Teilstroms derart ein-
gestellt und/oder gesteuert und/oder geregelt wird, dass eine
material- oder gasabhängige Maximaltemperatur am Ende der
Verdichtung nicht überschritten wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8,

20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
der Volumenstrom des ersten und zweiten Teilstroms derart
eingestellt und/oder gesteuert und/oder geregelt wird, dass
ein vom Betriebspunkt des Verdichters abhängiger Mindestvolu-
menstrom nicht unterschritten wird.

25 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 oder 9,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
der flüssige Teilstrom in die erste Bypass-Leitung (42) ge-
leitet wird und/oder in den Fluidkreislauf stromab des Ver-
dampfers (10) und vor der Verdichtung.

30

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 10,

35 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
dass die Wärmepumpe (12, 26) mit einem Hochtemperaturfluid
betrieben wird, dessen Taulinie (18) im Wesentlichen eine po-
sitive Steigung in einem Temperatur-über-Entropie-Diagramm
(23, 24) aufweist, und Wärmeenergie des Fluidkreislaufs nach
der Verflüssigung und vor der Expansion auf das Fluid stromab
des Verdampfers und vor der Verdichtung übertragen wird, so

dass das Fluid bei Beginn, während und nach der Verdichtung überhitzt ist (VS6), wobei im Teillastbetrieb der erste Teilstrom oder alternativ beide Teilströme nach der Übertragung der Wärmeenergie dem Fluidkreislauf zugeführt werden.

5

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 11,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
die Expansion in mindestens zwei Expansionsschritten erfolgt,
wobei mindestens zwischen zwei Expansionsschritten eine Gas-
10 Phase des Fluids von einer Flüssig-Phase des Fluids separiert
wird (VS11), und der flüssige Teilstrom von der Flüssig-Phase
abgezweigt wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 11,
15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
der flüssige Teilstrom von einem überfluteten Bereich des
Verdampfers abgezweigt wird.

1/3

FIG 1

(Stand der Technik)

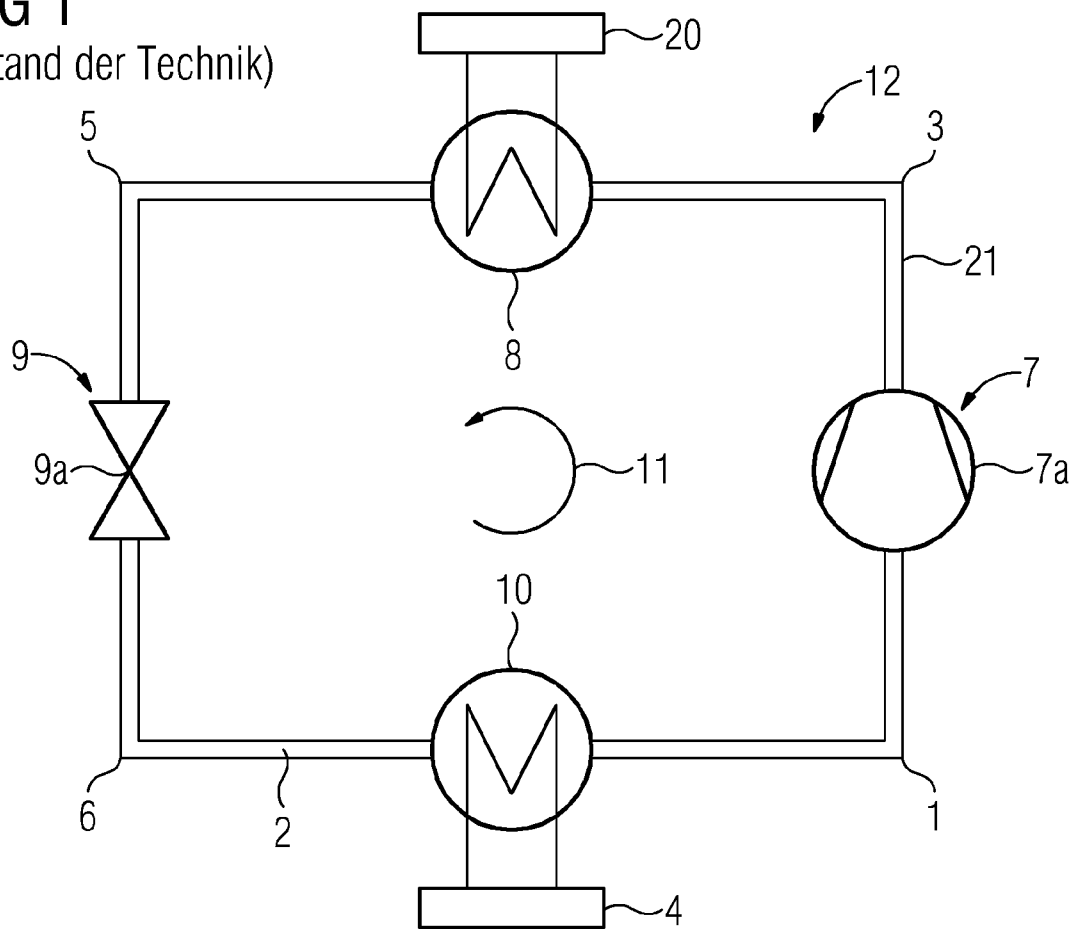


FIG 2

(Stand der Technik)

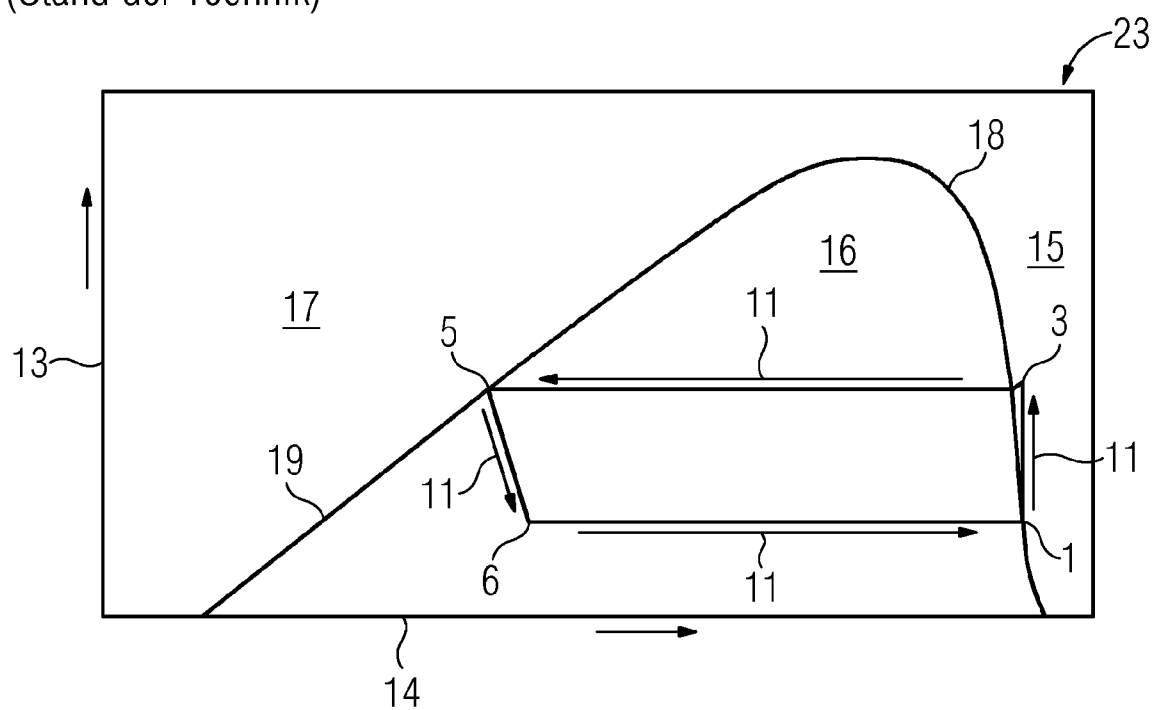


FIG 3

(Stand der Technik)

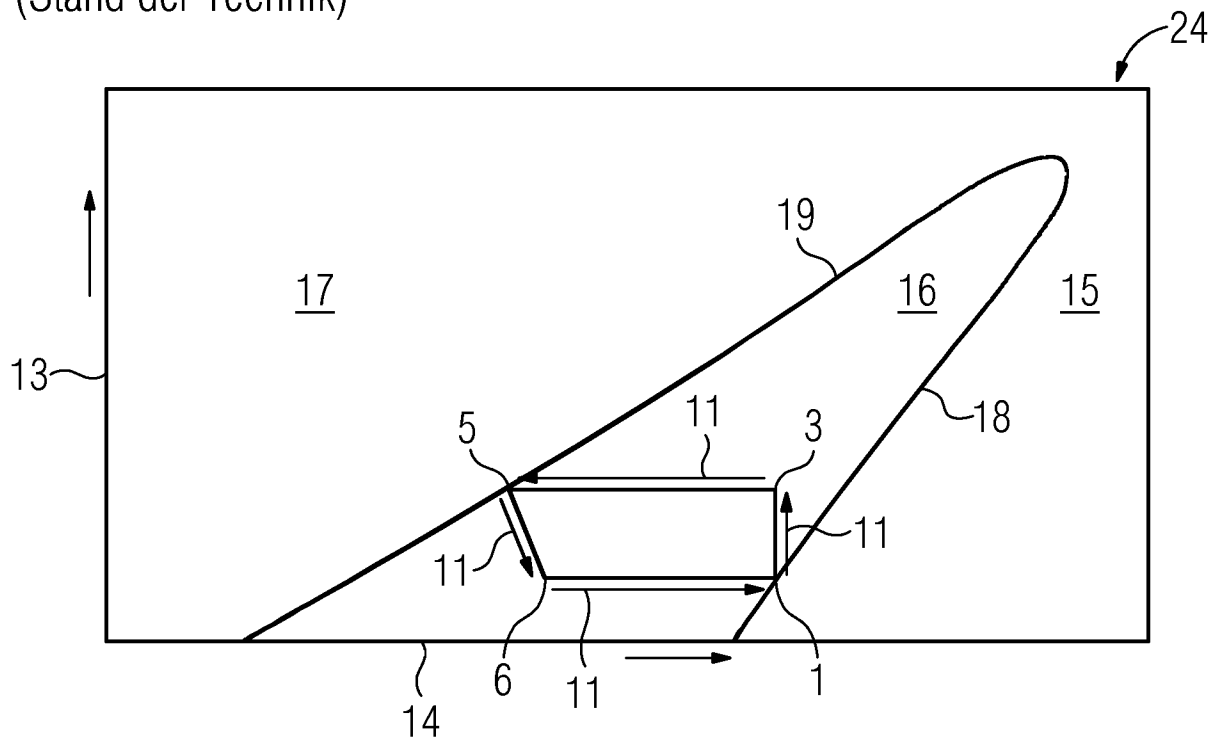


FIG 4

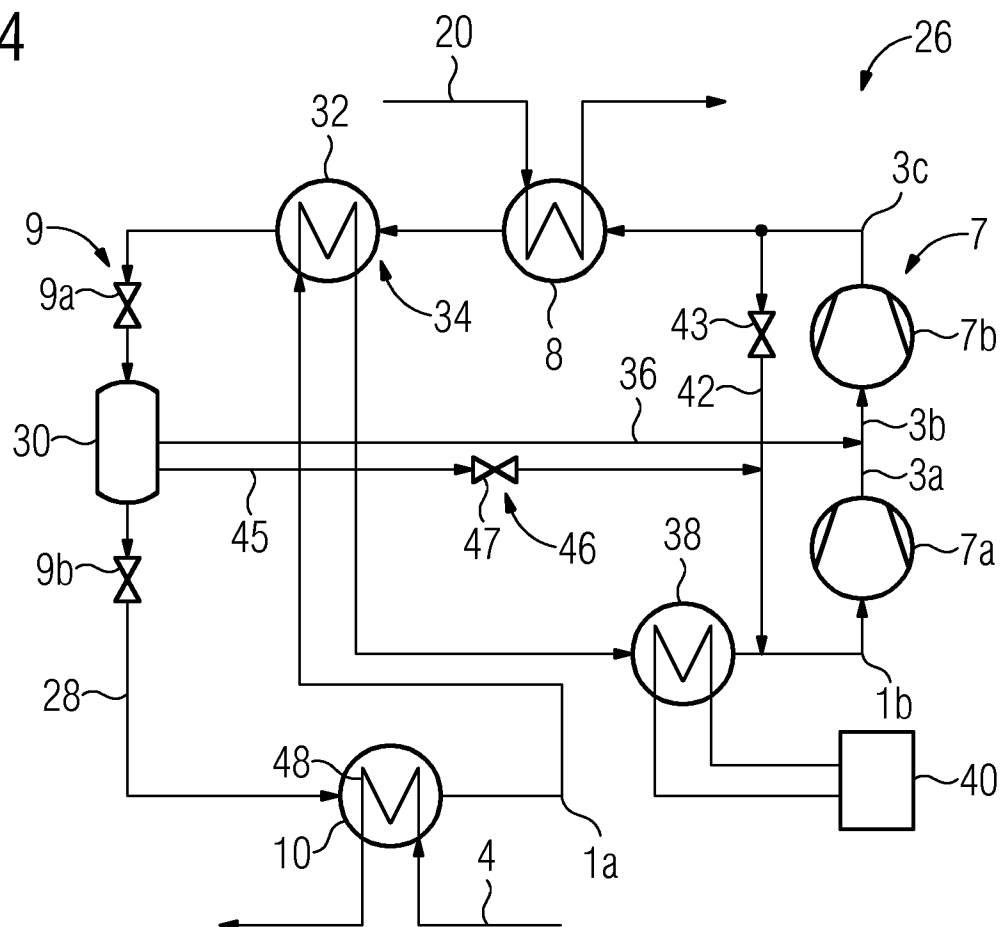
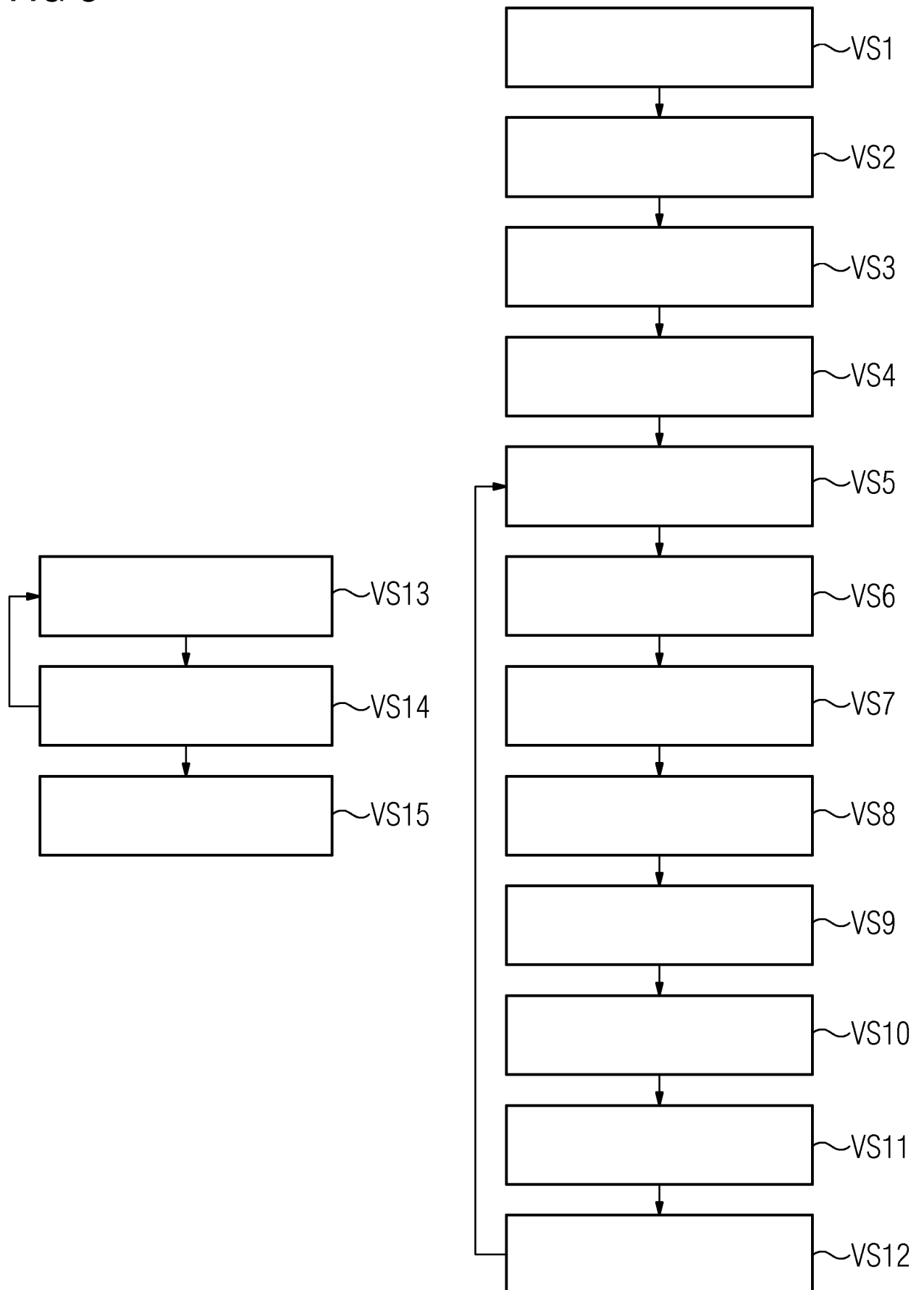


FIG 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2018/057956

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F25B1/10 F25B40/02 F25B40/06 F25B41/00
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)
F25B

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	US 2015/285539 A1 (KOPKO WILLIAM L [US]) 8 October 2015 (2015-10-08) the whole document	1-13
X	EP 2 068 096 A1 (DAIKIN IND LTD [JP]) 10 June 2009 (2009-06-10) the whole document	1-13
A	US 2012/011866 A1 (SCARCELLA JASON [US] ET AL) 19 January 2012 (2012-01-19) the whole document	1-13
A	EP 3 144 603 A1 (HEATCRAFT REFRIGERATION PRODUCTS LLC [US]) 22 March 2017 (2017-03-22) the whole document	1-13



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

12 July 2018

Date of mailing of the international search report

19/07/2018

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

Lucic, Anita

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2018/057956

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2015285539 A1	08-10-2015	CN 105180513 A EP 2966386 A1 US 2015285539 A1	23-12-2015 13-01-2016 08-10-2015
EP 2068096 A1	10-06-2009	CN 101512247 A EP 2068096 A1 JP 5324749 B2 JP 2008096093 A US 2010180612 A1 WO 2008032645 A1	19-08-2009 10-06-2009 23-10-2013 24-04-2008 22-07-2010 20-03-2008
US 2012011866 A1	19-01-2012	CN 102388279 A EP 2417406 A2 US 2012011866 A1 WO 2010117973 A2	21-03-2012 15-02-2012 19-01-2012 14-10-2010
EP 3144603 A1	22-03-2017	AU 2016225783 A1 BR 102016021173 A2 CA 2941327 A1 CN 106969518 A EP 3144603 A1 US 2017074550 A1	30-03-2017 18-07-2017 16-03-2017 21-07-2017 22-03-2017 16-03-2017

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. F25B1/10 F25B40/02 F25B40/06 F25B41/00 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) F25B		
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	US 2015/285539 A1 (KOPKO WILLIAM L [US]) 8. Oktober 2015 (2015-10-08) das ganze Dokument	1-13
X	EP 2 068 096 A1 (DAIKIN IND LTD [JP]) 10. Juni 2009 (2009-06-10) das ganze Dokument	1-13
A	US 2012/011866 A1 (SCARCELLA JASON [US] ET AL) 19. Januar 2012 (2012-01-19) das ganze Dokument	1-13
A	EP 3 144 603 A1 (HEATCRAFT REFRIGERATION PRODUCTS LLC [US]) 22. März 2017 (2017-03-22) das ganze Dokument	1-13
☐ 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		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
12. Juli 2018		19/07/2018
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 Lucic, Anita

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/057956

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2015285539	A1	08-10-2015	CN	105180513 A		23-12-2015
			EP	2966386 A1		13-01-2016
			US	2015285539 A1		08-10-2015

EP 2068096	A1	10-06-2009	CN	101512247 A		19-08-2009
			EP	2068096 A1		10-06-2009
			JP	5324749 B2		23-10-2013
			JP	2008096093 A		24-04-2008
			US	2010180612 A1		22-07-2010
			WO	2008032645 A1		20-03-2008

US 2012011866	A1	19-01-2012	CN	102388279 A		21-03-2012
			EP	2417406 A2		15-02-2012
			US	2012011866 A1		19-01-2012
			WO	2010117973 A2		14-10-2010

EP 3144603	A1	22-03-2017	AU	2016225783 A1		30-03-2017
			BR	102016021173 A2		18-07-2017
			CA	2941327 A1		16-03-2017
			CN	106969518 A		21-07-2017
			EP	3144603 A1		22-03-2017
			US	2017074550 A1		16-03-2017
