(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 3 583 365 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
08.06.2022 Patentblatt 2022/23

(21) Anmeldenummer: **18716943.8**

(22) Anmeldetag: **28.03.2018**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F25B 1/10 *(2006.01)* ***F25B 40/02*** *(2006.01)*
F25B 40/06 *(2006.01)* ***F25B 41/00*** *(2021.01)*

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F25B 41/00; F25B 1/10; F25B 40/02; F25B 40/06; F25B 41/39; F25B 2400/0403; F25B 2400/0411; F25B 2400/13; F25B 2600/23; F25B 2600/2501; F25B 2600/2509

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2018/057956

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2018/178169 (04.10.2018 Gazette 2018/40)

(54) **VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER WÄRMEPUMPE**

METHOD FOR OPERATING A HEAT PUMP

PROCÉDÉ PERMETTANT DE FAIRE FONCTIONNER UNE POMPE À CHALEUR

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

(30) Priorität: **31.03.2017 DE 102017205484**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
25.12.2019 Patentblatt 2019/52

(73) Patentinhaber: **Siemens Energy Global GmbH & Co. KG**
81739 München (DE)

(72) Erfinder:
- **REISSIG, Mark**
  90607 Rückersdorf (DE)
- **REISSNER, Florian**
  90425 Nürnberg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 068 096
EP-A1- 3 144 603
US-A1- 2012 011 866
US-A1- 2015 285 539

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

EP 3 583 365 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich 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. Ein Verfahren gemäß der Erfindung wird in Anspruch 1 definiert.

[0002] 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 abgegeben. 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.

[0003] 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.

[0004] 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 Strömungsprinzip. 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. US 2015/285539 A1 offenbart 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 nachfolgend verdichtet wird. Das Fluid wird dann zur Abgabe von Wärmeenergie an eine Wärmesenke auf einem

höheren Temperaturniveau als die Wärmequelle mindestens teilweise verflüssigt, und nachfolgend zur Abkühlung expandiert. Nach der Verdichtung und vor der Verflüssigung wird ein erster Teilstrom des Fluids über eine erste Bypass-Leitung abgezweigt und dem Fluidkreislauf stromab des Verdampfers und vor der Verdichtung wieder zugeführt. Nach der teilweisen Verflüssigung und stromauf des Verdampfers wird über eine zweite Bypass-Leitung, parallel zum Verdampfer, der gesamte flüssige Fluidstrom abgezweigt. In dieser zweiten Bypass-Leitung ist ein zweites Expansionsventil und ein zweiter Verdampfer angeordnet, so dass das Fluid im verdampften Zustand mit dem ersten Teilstrom vor der Verdichtung vermischt wird.

[0005] Die Wärmepumpe welche nicht zur Erfindung gehört, 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 vermischt und verdampft hierbei. Durch die Beimischung der flüssigen Phase wird die Temperatur des ersten Teilstroms von der Druckgastemperatur auf eine niedrigerer 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, indem die zweite Bypass-Leitung in die erste Bypass-Leitung einmündet. Die 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 vermischen. 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.

[0006] Die beiden Bypass-Leitungen umfassen für den Teillastbetrieb 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 Durchflussmenge der zweiten Bypass-Leitung kann es sich beispielsweise um eine Pumpe und/oder ein Ventil handeln. Die Ventile 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.

[0007] 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 vermeidet bei der Verwendung von Turboverdichtern Flüssigkeitsschläge am Verdichter. Die Volumenströme und deren Verhältnis zueinander können im Teillastbetrieb der Wärmepumpe so zueinander gewählt werden, dass eine material- oder gasabhängige Maximaltemperatur am Ende der Verdichtung nicht überschritten wird. Dies vermeidet eine Zersetzung des Fluids und verhindert Materialschäden in der Verdichter-Einheit aufgrund zu hoher Temperaturen. Die Wärmepumpe kann Teillastbetrieb mit höherem Volumenstrom betrieben werden und eignet sich somit besonders zur Erweiterung des Teillastbereiches bei Wärmepumpen mit mindestens einem Turboverdichter. Bei einem Turboverdichter ist auf einen ausreichend hohen Volumenstrom am jeweiligen Betriebspunkt des Turboverdichters zu achten, der einen betriebspunktabhängigen Mindestvolumenstrom nicht unterschreiten sollte, damit die Strömung zur Druckseite des Verdichters hin nicht zusammenbricht. Wird die Wärmepumpe mit einer Wärmequelle betrieben, deren Leistung stark schwankt und zeitweise 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 nicht erfindungsmäßigen Beispiel 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.

[0008] Es kann bei der Wärmepumpe vorgesehen sein, dass die Verdichter-Einheit mindestens einen Verdichter umfasst, wobei der Verdichter ein Turboverdichter ist.

[0009] Diese Ausgestaltung eignet sich besonders für Wärmepumpen in der industriellen Anwendung im Leistungsbereich von mehr als 500 kW.

[0010] Es kann bei einer 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.

[0011] Die Expansionsvorrichtung kann eine Drossel sein. Eine Drossel weist eine Verengung des Strömungspfades 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 des nicht erfindungsgemäßen Beispiels 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.

[0012] Die zweite Bypass-Leitung kann fluidisch mit einem im Betrieb überfluteten Bereich des Verdampfers verbunden sein.

[0013] Diese Ausgestaltung eignet sich auch für Wärmepumpen ohne Abscheider.

[0014] Es kann weiter ,nicht erfindungsgemäß, 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 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 stromab des Wärmetauschers in den Fluidkreislauf einmündet.

[0015] Diese Ausgestaltung 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 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 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 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.

[0016] Die 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.

[0017] 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-Leitung ein flüssiger Teilstrom abgezweigt und mit dem ersten Teilstrom vor der Verdichtung vermischt wird.

[0018] 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.

[0019] Durch die Beimischung der flüssigen Phase wird die Temperatur des ersten Teilstroms von der Druckgastemperatur auf eine niedrigerer 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.

[0020] 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.

[0021] Erfindungsgemäß wird 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.

[0022] 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.

[0023] Erfindungsgemäß wird 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.

[0024] Die 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 Erfindung verhindert eine Zersetzung des Fluids und Materialschäden in dem mindestens einen zur Verdichtung verwendeten Verdichter aufgrund zu hoher Temperaturen.

[0025] Vorteilhafterweise kann weiter vorgesehen sein, dass im Teillastbetrieb der Volumenstrom des ersten und zweiten Teilstroms derart eingestellt und/oder gesteuert und/oder geregelt wird, dass ein vom Betriebspunkt des Verdichters abhängiger Mindestvolumenstrom nicht unterschritten wird.

[0026] Diese Ausgestaltung der Erfindung eignet sich besonders bei der Verwendung einer Wärmepumpe mit mindestens einem Turboverdichter zur Durchführung des Verfahrens.

[0027] 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.

[0028] 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.

[0029] 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.

[0030] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung kann vorsehen, dass die Wärmepumpe mit einem Hochtemperaturfluid betrieben wird, dessen Taulinie im Wesentlichen eine positive 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.

[0031] 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.

[0032] 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.

[0033] 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.

[0034] Es kann auch als vorteilhaft angesehen werden, dass der flüssige Teilstrom von einem überfluteten Bereich des Verdampfers abgezweigt wird.

[0035] Diese Ausgestaltung der Erfindung eignet sich auch für den Betrieb von Wärmepumpen ohne Abscheider.

[0036] 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.

[0037] Dabei zeigt die

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

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,

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 dargestellten Fluidkreislaufs einer Wärmepumpe nach dem Stand der Technik,

Fig. 4 schematisch einen Fluidkreislauf einer Wärmepumpe, die nicht Teil der Erfindung ist, gemäß einem Beispiel, und

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

[0038] Figur 1 zeigt schematisch einen Fluidkreislauf 21 einer Wärme pumpe 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 Wärmeenergie 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 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 Expansionszustand 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 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.

[0039] Figur 2 zeigt ein Temperatur-über-Entropie-Diagramm 23, welches entsprechend der Bildebene nach rechts zu, also auf der 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 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 dargestellte Temperatur-über-Entropie-Diagramm 23 zeigt eine Taulinie 18 eines Fluids mit im Wesentlichen negativer Steigung.

[0040] Ebenfalls in Figur 2 schematisch dargestellt, sind verschiedene thermodynamische Zustände des Fluids, welches das Fluid beim Durchlaufen des in Figur 1 dargestellten Fluidkreislaufs einer Wärmepumpe nach dem Stand der Technik annimmt. Ausgehend vom Dampfzustand 1 wird entsprechend der Strömungsrichtung 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.

[0041] 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.

[0042] Figur 4 zeigt schematisch einen Fluidkreislauf 28 einer Wärmepumpe 26 gemäß einem nicht erfindungsgemäßen Beispiel.

[0043] 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 Expansionsvorrichtungen 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.

[0044] 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.

[0045] Das Verhältnis der im Teillastbetrieb über die Bypass-Leitungen strömenden Teilströme kann mittels des Ventils under Mittel zur Dosierung einer Durchflussmenge derart eingestellt und/oder gesteuert und/oder geregelt werden, dass das Fluid zu Beginn (Dampfzustand 1b), während (Verdichtungszustand 3a und 3b) und am Ende der Verdichtung (Verdichtungszustand 3c) mindestens gesättigt dampfförmig bis überhitzt ist und eine material- oder gasabhängige Maximaltemperatur am Ende der Verdichtung (Verdichtungszustand 3c) nicht überschritten wird.

[0046] Im Unterschied zu dem in Figur 1 dargestellten Fluidkreislauf ermöglicht die nicht erfindungsgemäße Wärmepumpe 26 einen Betrieb der Wärmepumpe bei niedrigeren Wärmequellen-Leistungen. Zusätzlich ermöglicht das dargestellte Ausführungsbeispiel die Verwendung eines Hochtemperaturfluid mit positiver Steigung der Taulinie in Verbindung mit einer hohen Leistungszahl.

[0047] Die Figur 5 zeigt schematisch in einem Ablaufdiagramm ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei in einem vorbereitenden Verfahrensschritt VS1 zum Betreiben der Wärmepumpe ein Fluid mit einer Taulinie mit im Wesentlichen positiver Steigung in einem Druck-über-Enthalpie-Diagramm ausgewählt und verwendet wird.

[0048] In einem vorbereitenden Verfahrensschritt VS2 die Überhitzung des Fluids im Fluidkreislauf derart gewählt wird - z.B. mittels Auslegung der Wärmetauscherfläche -, dass der Abstand zur Taulinie am Verdichter-Endpunkt mindestens 10K, insbesondere 10K bis 20K beträgt.

[0049] In einem vorbereitenden Verfahrensschritt VS3 einer Steuer/Regeleinheit Daten für einen Teillastbetrieb übergeben werden, insbesondere welche Maximaltemperatur des Druckgases einzuhalten ist und welche betriebspunktabhängigen Mindestvolumenströme in der Verdichter-Einheit einzuhalten sind.

[0050] 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.

[0051] In einem Verfahrensschritt VS7 das Fluid nachfolgend in einem ersten Verdichtungsschritt verdichtet wird.

[0052] In einem Verfahrensschritt VS8 das verdichtete Fluid in einem zweiten Verdichtungsschritt verdichtet wird.

[0053] 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 wiedeholt. 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 Verdichtungszustand 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 Beginn, während und am Ende der Verdichtung mindestens gesättigt 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 überprüft, ob alle Bedingungen des Verfahrensschritt VS13 aktuell eingehalten werden können. Falls nicht, wird in Verfahrensschritt VS15 die Wärmepumpe aufgrund zu geringer Leistung der Wärmequelle abgeschaltet. Falls ja, wird Verfahrensschritt VS13 wiederholt.

Patentansprüche

1. 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 (VS5) und das Fluid nachfolgend verdichtet wird (VS7, VS8), und nachfolgend zur Abgabe von Wärmeenergie an eine Wärmesenke auf einem höheren Temperaturniveau als die Wärmequelle mindestens teilweise verflüssigt wird (VS9), und 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 wieder zugeführt wird, undim 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,

   wobei
   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, und dass eine material- oder gasabhängige Maximaltemperatur am Ende der Verdichtung nicht überschritten wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

   wobei
   der Volumenstrom des ersten und zweiten Teilstroms derart eingestellt und/oder gesteuert und/oder geregelt wird, dass ein vom Betriebspunkt des Verdichters abhängiger Mindestvolumenstrom nicht unterschritten wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2,

   wobei
   der flüssige Teilstrom in die erste Bypass-Leitung (42) geleitet wird und/oder in den Fluidkreislauf stromab des Verdampfers (10) und vor der Verdichtung.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

   wobei
   die Wärmepumpe (12, 26) mit einem Hochtemperaturfluid betrieben wird, dessen Taulinie (18) im Wesentlichen eine positive 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. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

   wobei
   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 (VS11), und der flüssige Teilstrom von der Flüssig-Phase abgezweigt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

   wobei
   der flüssige Teilstrom von einem überfluteten Bereich des Verdampfers abgezweigt wird.

Claims

1. Method for operating a heat pump, wherein a fluid is conducted continuously in a fluid circuit and heat energy is in this case transferred from a heat source to the fluid in an evaporator, wherein the fluid is at least partially evaporated (VS5) and the fluid is then compressed (VS7, VS8) and is then at least partially liquefied (VS9) at a higher temperature level than the heat source for the purpose of releasing heat energy to a heat sink and is then expanded (VS10, VS12) for the purpose of cooling, and, in a part-load operation, a first partial flow of the fluid is branched off via a first bypass line from the fluid circuit after the compression and before the liquefaction and is fed back to the fluid circuit downstream of the evaporator and before the compression, and, in the part-load operation, a liquid, second partial flow is branched off via a second bypass line from the fluid

circuit after the partial liquefaction and upstream of the evaporator and is mixed with the first partial flow before the compression,

wherein
the ratio of the first and second partial flow is set and/or controlled and/or regulated in such a way that, at the beginning of, during and at the end of the compression, the fluid is in a state in which it is at least in saturated-vapour form to superheated, and a material- or gas-dependent maximum temperature at the end of the compression is not exceeded.

2. Method according to Claim 1,

wherein
the volume flow of the first and second partial flow is set and/or controlled and/or regulated in such a way that a minimum volume flow dependent on the operating point of the compressor is not fallen below.

3. Method according to either of Claims 1 and 2,

wherein
the liquid partial flow is directed into the first bypass line (42) and/or into the fluid circuit downstream of the evaporator (10) and before the compression.

4. Method according to one of Claims 1 to 3,

wherein
the heat pump (12, 26) is operated with a high-temperature fluid whose condensation curve (18) substantially has a positive slope in a temperature-versus-entropy diagram (23, 24), and, after the liquefaction and before the expansion, heat energy of the fluid circuit is transferred to the fluid downstream of the evaporator and before the compression such that, at the beginning of, during and after the compression, the fluid is in a superheated state (VS6), wherein, in the part-load operation, the first partial flow or alternatively both partial flows is/are fed to the fluid circuit after the transfer of the heat energy.

5. Method according to one of Claims 1 to 4,

wherein
the expansion is realized in at least two expansion steps, wherein, at least between two expansion steps, a gas phase of the fluid is separated from a liquid phase of the fluid (VS11), and the liquid partial flow is branched off from the liquid phase.

6. Method according to one of Claims 1 to 4,

wherein
the liquid partial flow is branched off from a flooded region of the evaporator.

Revendications

1. Procédé pour faire fonctionner une pompe à chaleur, dans lequel fait passer un fluide continuellement dans un circuit de fluide et on transmet ainsi de l'énergie calorifique d'une source de chaleur au fluide dans un évaporateur, dans lequel on évapore (VS5) le fluide au moins en partie et on comprime (VS7, VS8) ensuite le fluide et ensuite, pour céder de l'énergie calorifique à un puits de chaleur, on le liquéfie (VS9) au moins en partie à un niveau de température plus haut que la source de chaleur et ensuite on le détend (VS10, VS12) pour le refroidissement et on dérive dans un fonctionnement en charge partiel du circuit de fluide, après la compression et avant la liquéfaction, un premier courant partiel du fluide par un premier conduit de dérivation et on le renvoie au circuit de fluide en aval de l'évaporateur et avant la compression, et dans le fonctionnement en charge partiel, on dérive du circuit de fluide, après la condensation en partie et en amont de l'évaporateur, par un deuxième conduit de dérivation, un deuxième courant partiel liquide et on le mélange au premier courant partiel avant la compression,
dans lequel on établit et/ou on commande et/ou on règle le rapport du premier et du deuxième courant partiel, de manière à ce que le fluide soit, au début, pendant et à la fin de la compression, au moins saturé à surchauffé sous forme de vapeur et de manière à ce qu'une température maximum, qui dépend de la matière ou du gaz, ne soit pas dépassée à la fin de la compression.

2. Procédé suivant la revendication 1,
dans lequel on établit et/ou on commande et/ou on règle le courant en volume du premier et du deuxième courant partiel, de manière à ne pas dépasser un courant en volume minimum, qui dépend du point de fonctionnement du compresseur.

3. Procédé suivant la revendication 1 ou 2,

dans lequel
on envoie le courant partiel liquide dans le premier conduit (42) de dérivation et/ou dans le circuit de fluide en aval de l'évaporateur (10) et avant la compression.

4. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 3,

dans lequel
on fait fonctionner la pompe (12, 26) à chaleur avec un fluide à température haute, dont la courbe de condensation (18) a essentiellement une pente positive dans un diagramme (23, 24) température sur entropie et on transmet de l'énergie calorifique du circuit de fluide, après la condensation et avant la détente, au fluide en aval de l'évaporateur et avant la compression, de manière à ce que le fluide soit, au début, pendant et après la compression, surchauffé (VS6), dans lequel, dans le fonctionnement en charge partiel, on envoie le premier courant partiel ou en variante les deux courants partiels au circuit de fluide après la transmission de l'énergie calorifique.

5. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 4,

dans lequel
la détente s'effectue en au moins deux stades de détente, dans lequel on sépare (VS11) une phase gazeuse du fluide, d'une phase liquide du fluide au moins entre deux stades de détente et on dérive le courant partiel liquide de la phase liquide.

6. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 4, dans lequel on dérive le courant partiel liquide d'une partie submergée de l'évaporateur.

FIG 1
(Stand der Technik)

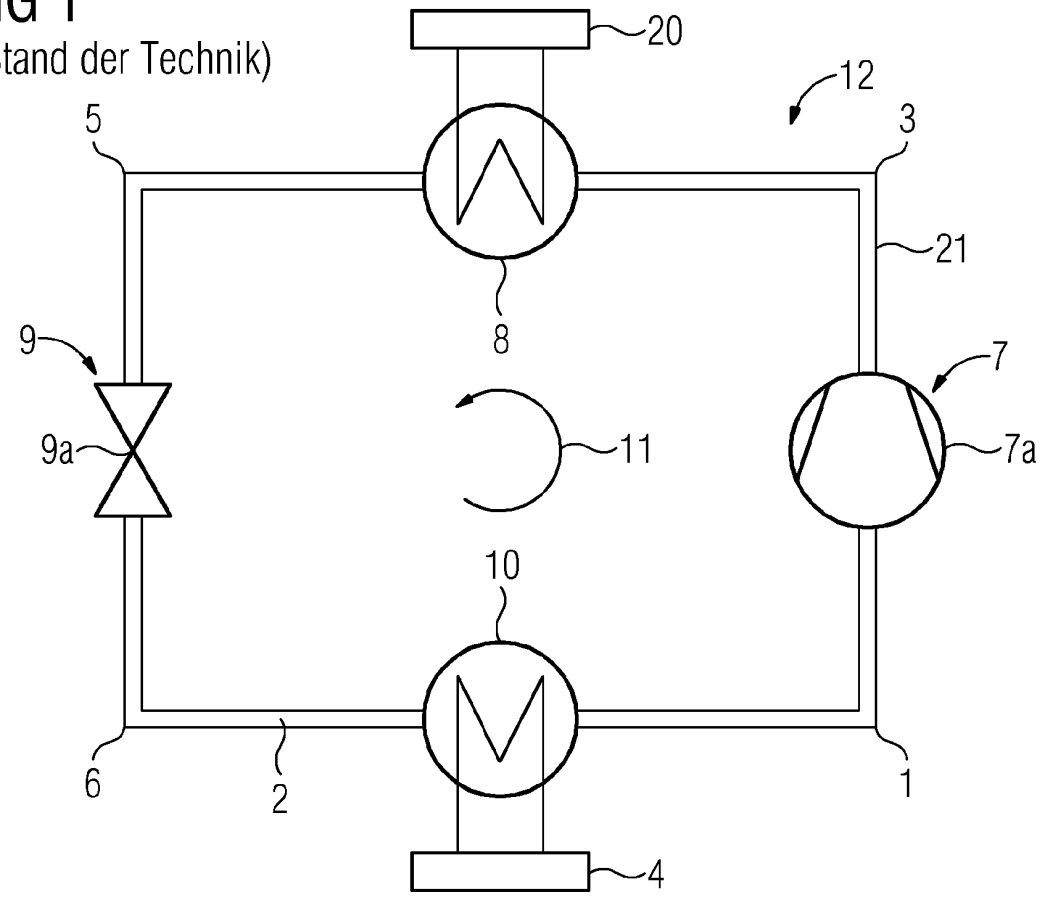


FIG 2
(Stand der Technik)

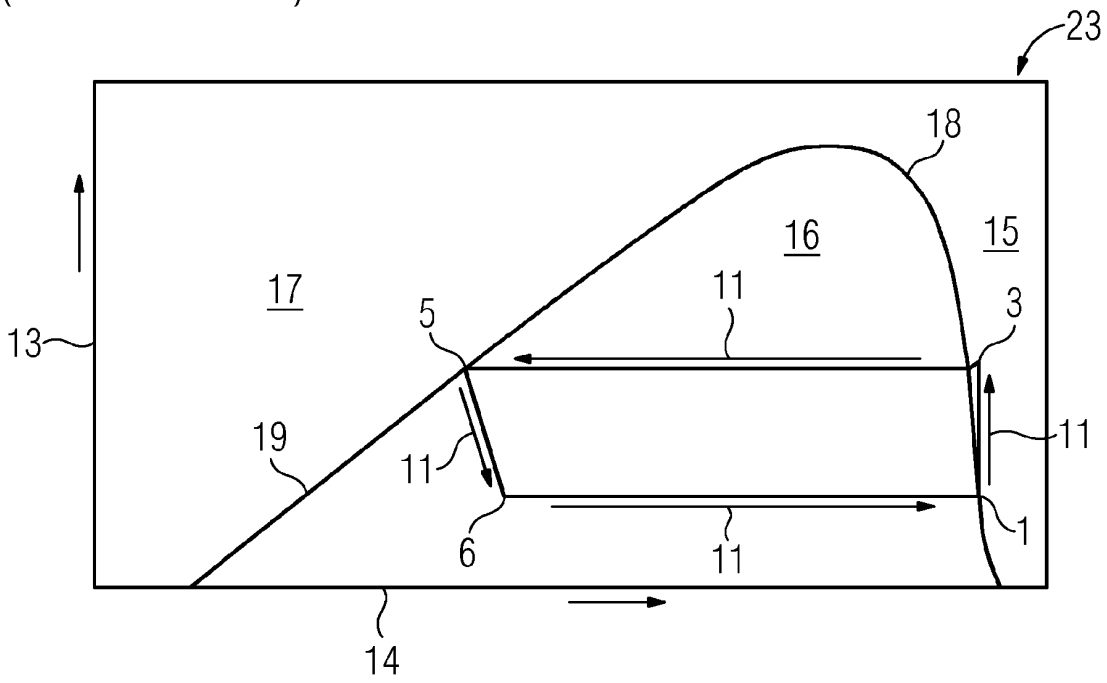


FIG 3
(Stand der Technik)

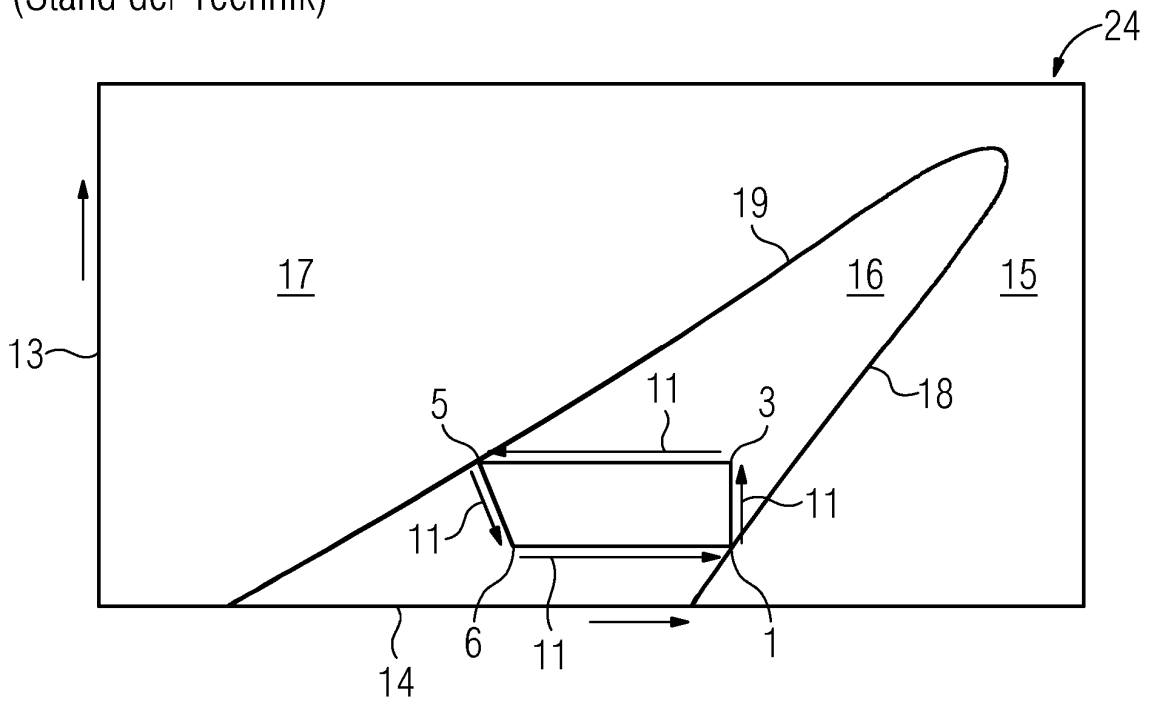


FIG 4

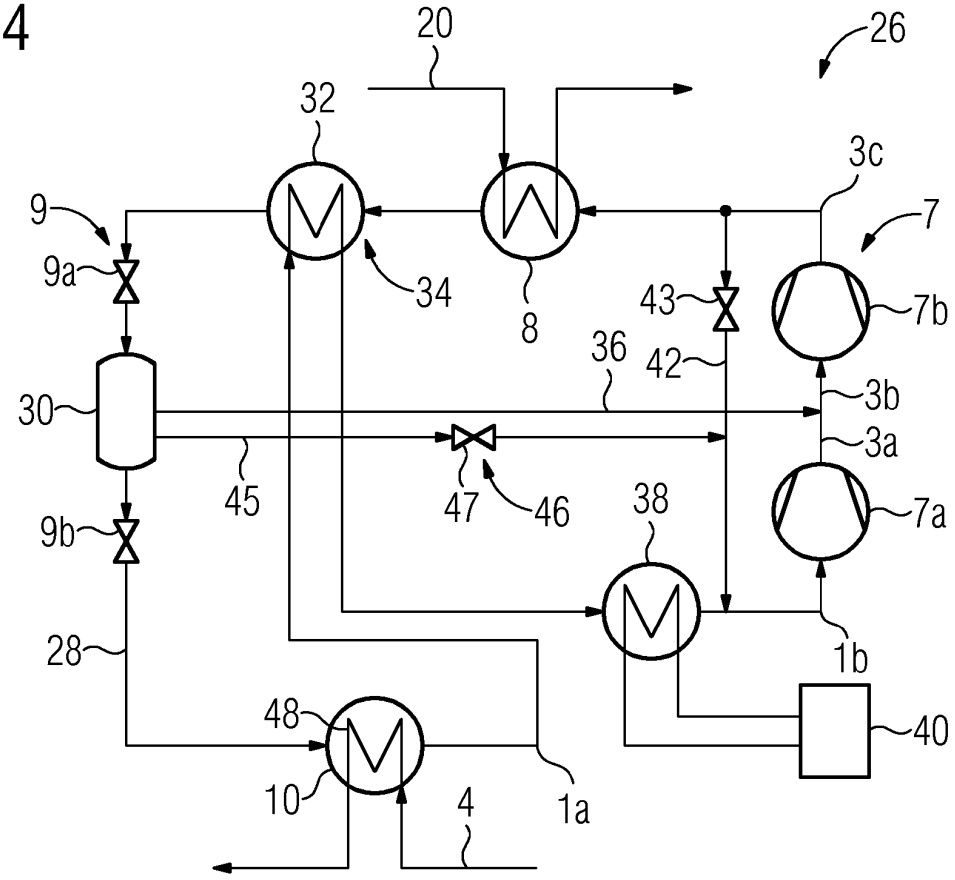
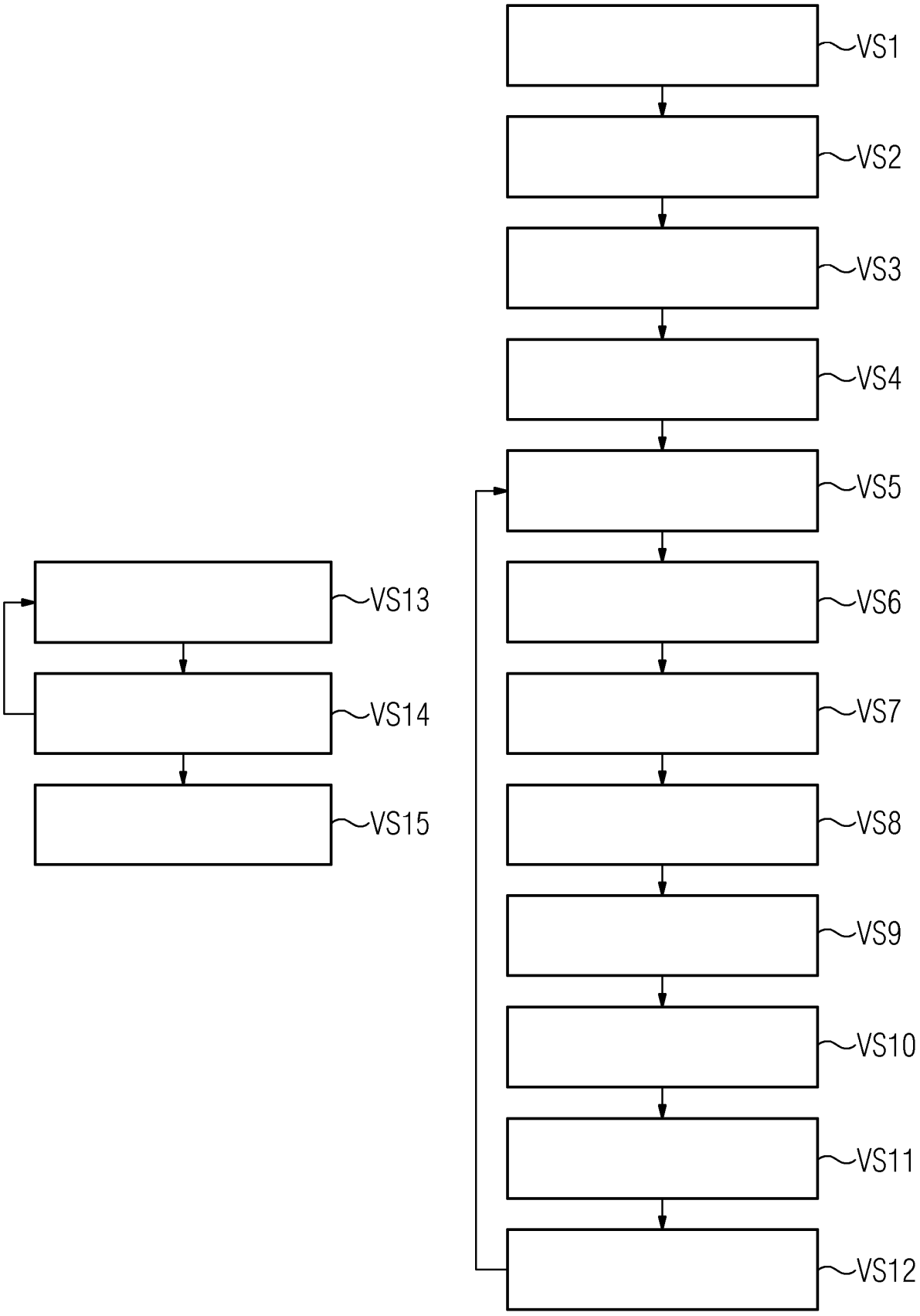


FIG 5


VS1
VS2
VS3
VS4
VS5
VS6
VS7
VS8
VS9
VS10
VS11
VS12
VS13
VS14
VS15

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 2015285539 A1 **[0004]**