

(19)



(11)

EP 4 198 418 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
21.06.2023 Patentblatt 2023/25

(21) Anmeldenummer: **21020642.1**

(22) Anmeldetag: **16.12.2021**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F25B 31/00 ^(2006.01) **F25B 6/02** ^(2006.01)
F25B 1/047 ^(2006.01) **F25B 1/053** ^(2006.01)
F25B 40/00 ^(2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F25B 31/008; F25B 1/047; F25B 1/053; F25B 6/02;
F25B 40/00; F25B 41/20; F25B 2400/12;
F25B 2400/16; F25B 2500/26

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

(71) Anmelder: **Linde GmbH**
82049 Pullach (DE)

(72) Erfinder:

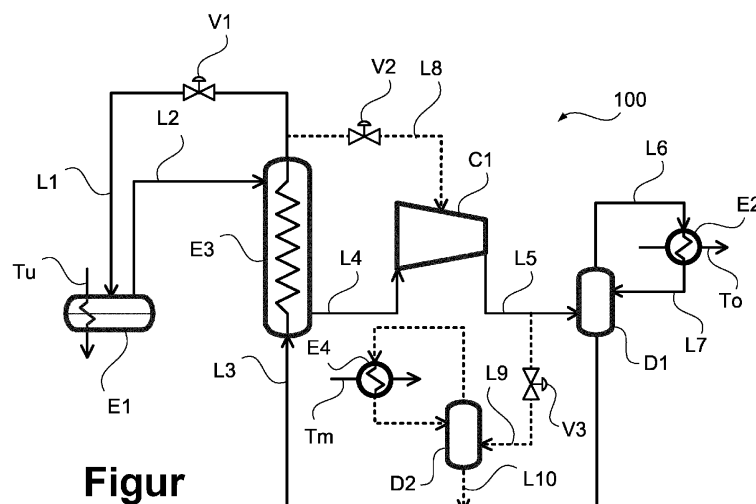
- **Bauer, Heinz**
82049 Pullach (DE)
- **Kamann, Martin**
82049 Pullach (DE)
- **Widl, Thomas**
82049 Pullach (DE)

(74) Vertreter: **Zahn, Christoph**
Linde GmbH
Intellectual Property EMEA
Dr.-Carl-von-Linde-Straße 6-14
82049 Pullach (DE)

(54) WÄRMEPUMPENVERFAHREN UND WÄRMEPUMPENANORDNUNG

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Wärmepumpenverfahren (100), bei dem ein Arbeitsmittel unter Verwendung einer Wärmequelle auf einem unteren Temperaturniveau (T_u) einer Verdampfung und anschließend einer Verdichtung und einer Verflüssigung unter Verwendung einer Wärmesenke auf einem oberen Temperaturniveau (T_o) unterworfen wird, wobei das Arbeitsmittel nach der Verdampfung und vor der Verdichtung

einer Überhitzung unterworfen wird, wobei eine durch die Verdichtung bewirkte Temperaturerhöhung durch eine Einspritzung in die Verdichtung begrenzt wird, und wobei das Arbeitsmittel nach der Verdichtung und vor der Verflüssigung auf dem oberen Temperaturniveau einer Aufsättigung unterworfen wird. Eine entsprechende Wärmepumpenanordnung ist ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung.

**Figur****EP 4 198 418 A1**

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Wärmepumpenverfahren und eine Wärmepumpenanordnung.

Hintergrund

[0002] Kompressionswärmepumpen mit geschlossenem Kreislauf werden eingesetzt, um Wärme Q_u von einem unteren Temperaturniveau T_u (Wärmequelle) auf ein oberes Temperaturniveau T_o (Wärmesenke) zu heben. Hierzu muss Arbeit aufgewendet werden. Das Verhältnis Q_o/W der bei T_o nutzbaren Wärme Q_o zur Arbeit W wird auch als Leistungskoeffizient (engl. Coefficient of Performance, COP) bezeichnet. Man spricht von Hochtemperaturwärmepumpen, wenn das obere Temperaturniveau T_o höher als 80 °C oder sogar höher als 100 °C liegt. Die Temperaturdifferenz $T_o - T_u$ wird auch mit ΔT_{Lift} bezeichnet. Eine aktuelle Aufstellung technisch erreichbarer COP-Werte in Abhängigkeit hiervon können beispielsweise der Veröffentlichung von Arpagaus Cordin et al., "High temperature heat pumps: Market overview, state of the art, research status, refrigerants, and application potentials", Energy 152 (2018), 985-1010 entnommen werden.

[0003] Die vorliegende Erfindung stellt sich vor diesem Hintergrund die Aufgabe, bekannte Wärmepumpenverfahren und Wärmepumpenanordnungen zu verbessern.

Offenbarung der Erfindung

[0004] Diese Aufgabe wird durch ein Wärmepumpenverfahren und eine Wärmepumpenanordnung mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst. Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen und der nachfolgenden Beschreibung angegeben.

[0005] Die vorliegende Anmeldung verwendet zur Charakterisierung von Drücken und Temperaturen die Begriffe "Druckniveau" und "Temperaturniveau", wodurch zum Ausdruck gebracht werden soll, dass Drücke und Temperaturen in dem jeweils erläuterten Verfahren bzw. einer entsprechenden Anordnung nicht in Form exakter Druck- bzw. Temperaturwerte verwendet werden müssen. Jedoch bewegen sich derartige Drücke und Temperaturen typischerweise in bestimmten Bereichen, die beispielsweise $\pm 10\%$ um einen Mittelwert liegen. Druck- und Temperaturniveaus können dabei in disjunkten Bereichen liegen oder in Bereichen, die einander überlappen. Insbesondere schließen Druckniveaus unvermeidliche oder zu erwartende Druckverluste ein. Entsprechendes gilt für Temperaturniveaus.

[0006] Der Begriff "Aufsättigung" soll nachfolgend die Erhöhung eines Sättigungsgrads eines zunächst noch nicht in gesättigtem Zustand vorliegenden, also überhitzten Arbeitsmittels in einem Wärmepumpenkreislauf bezeichnen. Diese wird in Ausgestaltungen der Erfindung insbesondere durch Abziehen einer Dampfphase aus ei-

nem Behälter, deren Abkühlung und zumindest teilweise oder vollständige Verflüssigung, und die anschließende, zumindest teilweise Rückspeisung in denselben Behälter erreicht.

[0007] Eine "Einspritzung" (engl. Injection) soll nachfolgend die Einleitung eines flüssigen Mediums in eine oder zwischen mehrere Verdichterstufen eines mehrstufigen Zentrifugalverdichters bezeichnen. Hierbei werden eine oder mehrere Düsen eingesetzt, die das flüssige Medium fein zerstäuben (vernebeln), um eine möglichst rasche Überführung in den gasförmigen Zustand sicherzustellen.

[0008] Durch eine entsprechende Aufsättigung des verdichteten Arbeitsmittels kann in Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung insbesondere die durch die Verdichtung entstandene Überhitzung abgebaut werden. Dadurch kann vermieden werden, dass die Wärmesenke zumindest teilweise mit unerwünscht hoher Temperatur beaufschlagt wird. Dies ist z.B. beim Aufkochen beladenen Amins in der Regenerierkolonne einer Aminwäsche besonders vorteilhaft.

[0009] Bei einer Aminwäsche handelt es sich um einen häufig benutzten chemischen Prozess zur Abtrennung von Kohlenstoffdioxid, Schwefelwasserstoff und anderen sauren Gasen aus Gasgemischen. Die Aminwäsche beruht auf dem Prinzip der Chemisorption. Bei Aminwäschen lassen sich schon bei relativ niedrigen Drücken vergleichsweise hohe Reinheiten erzielen. Die Selektivität ist ebenfalls typischerweise höher als bei einer Physisorption. Bei einer Aminwäsche werden typischerweise leicht alkalische wässrige Lösungen von Aminen (zumeist Ethanolaminderivate) als Waschmittel eingesetzt, die Sauer gasse unter Freisetzung von Reaktionswärme reversibel chemisch absorbieren. Zur Regeneration des beladenen Waschmittels werden bei hoher Temperatur (Einsatz von thermischer Energie) und niedrigem Druck das chemische Gleichgewicht umgekehrt und somit die gebundenen Sauer gasse dem Waschmittel entzogen. Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung können als Wärmesenke insbesondere das beladene Waschmittel nutzen, das auf diese Weise aufgeheizt werden kann, das allerdings bereits vor der Aufheizung auf vergleichsweise hoher Temperatur vorliegt. Die Temperatur im Sumpf der Regenerierkolonne wird dadurch bestimmt, dass im Wesentlichen Wasser in einer Mischung mit Aminen verdampft wird. Bei mindestens Atmosphärendruck ergibt sich eine Sumpftemperatur von mehr als 120 °C. Daher wird zur Beheizung vorteilhafterweise eine Hochtemperaturwärmepumpe genutzt. Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung betreffen damit ein Verfahren, das eine entsprechende Aminwäsche umfasst.

[0010] Die vorliegende Erfindung schafft insgesamt ein (Hochtemperatur-) Wärmepumpenverfahren mit einem oberen Temperaturniveau T_o von typischerweise mehr als 120 °C und einem COP-Wert von typischerweise mehr als 2,5. Die Wärme wird bei dem oberen Temperaturniveau T_o in Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung weitgehend isotherm freigesetzt, so dass eine

übermäßige Erwärmung der Wärmesenke vermieden werden kann. Eine übermäßige Erwärmung muss vermieden werden, da die eingesetzten Amine die bei höherer Temperatur degradieren, d.h. ihre chemischen Eigenschaften durch Änderung in der Molekülstruktur ändern. Es kann lokal zur Schädigung der Amine führen, auch wenn die Sumpftemperatur noch am Siedepunkt bleibt.

[0011] Die vorliegende Erfindung schlägt dabei ein Wärmepumpenverfahren vor, bei dem ein Arbeitsmittel unter Verwendung einer Wärmequelle auf einem unteren Temperaturniveau T_u einer Verdampfung und anschließend einer Verdichtung und einer Verflüssigung unter Verwendung einer Wärmesenke auf einem oberen Temperaturniveau T_o unterworfen wird, wobei das Arbeitsmittel nach der Verdampfung und vor der Verdichtung einer Überhitzung unterworfen wird, wobei eine durch die Verdichtung bewirkte Temperaturerhöhung durch eine Einspritzung in die Verdichtung begrenzt wird, und wobei das Arbeitsmittel nach der Verdichtung und vor der Verflüssigung auf dem oberen Temperaturniveau T_o einer Aufsättigung unterworfen wird. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung erfolgt die Überhitzung des verdampften Arbeitsmittels insbesondere in einem Gegenstromwärmetauscher gegen bei hohem Druck verflüssigtes Arbeitsmittel, wobei die Saugtemperatur eines zur Verdichtung verwendeten Verdichters insbesondere höchstens 10 K, vorzugsweise höchstens 5 K, unter dem oberen Temperaturniveau T_o liegt.

[0012] Die Vorteile der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Maßnahmen wurden bereits zuvor erläutert und umfassen insbesondere eine erhöhte Effizienz bei gleichzeitiger Vermeidung einer übermäßigen Erwärmung der Wärmesenke.

[0013] In einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung liegt das untere Temperaturniveau insbesondere bei 10 bis 60 °C. Das obere Temperaturniveau T_o liegt insbesondere bei mindestens 115 °C, insbesondere bei mindestens 120 °C. Es handelt sich dabei bei dem in einer entsprechenden Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung vorgeschlagenen Verfahren um ein eingangs erwähntes Hochtemperaturwärmepumpenverfahren, das für bestimmte Zwecke, wie die erwähnten Aminwäschen besonders vorteilhaft ist. Das obere Temperaturniveau T_o kann beispielsweise bei bis zu 140 °C, insbesondere bis zu 130 °C, liegen. Ein Eintrittstemperaturniveau in die Verdichtung, d.h. einen hier verwendeten Verdichter, liegt insbesondere bei höchstens 10 K, weiter insbesondere höchstens 5 K unter dem oberen Temperaturniveau T_o .

[0014] Ein Eintrittsdruckniveau des verwendeten Verdichters kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung insbesondere bei 1,5 bis 5 bar, ein Austrittsdruckniveau insbesondere bei 20 bis 50 bar liegen.

[0015] Die durch die Verdichtung bewirkte Temperaturerhöhung kann in Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung durch die Einspritzung insbesondere auf ein Temperaturniveau von höchstens 180 °C begrenzt wer-

den. Durch eine derartige Begrenzung lässt sich, beispielsweise im Fall einer Nutzung eines beladenen Waschmittels einer Aminwäsche als Temperatursenke, eine übermäßige Erwärmung vermeiden.

[0016] In einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung kann die Einspritzung unter Verwendung eines Teils des Arbeitsmittels durchgeführt werden, das vor der Verdampfung und vor der Überhitzung von einem der Überhitzung und danach der Verdichtung zugeführten Rest abgezweigt, entspannt, und auf einer oder mehreren Zwischenstufen der Verdichtung in die Verdichtung eingespeist wird. Das entsprechende, zur Einspritzung verwendete Arbeitsmittel kann hierbei in den Kreislauf zurückgeführt werden und wird auf diese Weise weiter genutzt.

[0017] Die Einspritzung kann insbesondere in mehrstufiger Weise erfolgen. Hierbei kann insbesondere eine Anordnung zum Einsatz kommen, wie sie in der EP 3 505 767 B1 beschrieben ist. Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung ist in der Europäischen Patentanmeldung Nr. 20 176 585.6 der Anmelderin im Zusammenhang mit einer Pumpgrenzregelung (engl. Surge Control) beschrieben. Wie dort offenbart, kann auch die in einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung vorgesehene Einspritzung unter Verwendung einer oder mehrerer Düsen erfolgen. Die Düse oder mindestens eine der mehreren Düsen kann einen Auslass aufweisen, der in einem Rücklaufbogen (engl. Return Bend) zwischen unterschiedlichen Verdichterstufen eines mehrstufigen Zentrifugal- bzw. Turboverdichters angeordnet ist. Die Düse oder wenigstens eine der mehreren Düsen oder mindestens eine damit verbundene Leitung kann eine thermische Isolierung aufweisen. Die Düse oder mindestens eine der mehreren Düsen oder mindestens eine damit verbundene Leitung kann eine Entgasungseinrichtung aufweisen. Die Düse oder mindestens eine der mehreren Düsen kann mit einer Druckdifferenz von 2 bis 10 bar, insbesondere 7 bar, betrieben werden.

[0018] Die soeben erläuterten Ausgestaltungen dienen insbesondere dazu, Dampfblasen bzw. eine Dampfblockade (engl. Vapor Lock) zu vermeiden. Eine Dampfblockade kann sich dadurch ergeben, dass das einzuspritzende Arbeitsmittel in der Zuleitung zur Einspritzdüse ausgast. Das flüssige Arbeitsmittel durchläuft bei der Annäherung an den heißen Rücklaufbogen Bereiche mit höheren Temperaturen. Da dieses nicht notwendigerweise unterkühlt ist, kann es zu entsprechendem Ausgasen kommen. Nur ein kleiner Teil des dabei gebildeten Dampfes kann die Einspritzdüse passieren. Wird die Verdampfungsrate höher als der maximal mögliche Dampfstrom in der Düse, kann keine Flüssigkeit die Düse mehr passieren. Damit kann es zu einer unzureichenden Zerstäubung und Verdampfung kommen.

[0019] Eine thermische Isolierung kann insbesondere in Form einer doppelwandigen Ausbildung eines Leitungsabschnitts mit einem Zwischenraum ausgebildet sein, der insbesondere evakuiert sein kann. Die thermische Isolierung kann sich in Ausgestaltungen so weit wie

technisch möglich in Richtung der Einspritzstelle erstrecken, um den Wärmezuffluss und damit die Gefahr von Dampfblasen zu verringern. Eine Entgasung kann insbesondere unter Verwendung einer Leitung vorgenommen werden, die z.B. koaxial innerhalb oder außerhalb der Leitung angeordnet ist, durch die das einzuspritzende Arbeitsmittel geleitet wird. Auf diese Weise kann das durch Verdampfung gebildete kalte Gas vorzugsweise dem Verdichter zugeführt werden. Eine weitere grundsätzlich mögliche Alternative ist die Unterkühlung der einzuspritzenden Flüssigkeit, so dass die Verdampfung und damit die Bildung von Dampfblasen vermieden werden kann.

[0020] In einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung kann für die Verdichtung ein Verdichter verwendet werden, der als Einwellenturboverdichter oder Schraubenverdichter ausgebildet ist. Schraubenverdichter eignen sich dabei insbesondere für kleinere Anordnungen, wohingegen (mehrstufige) Einwellenturboverdichter, insbesondere der soeben erläuterten Art, insbesondere für größere Anordnungen zum Einsatz kommen.

[0021] Ein Wärmepumpenverfahren umfasst in einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung insbesondere, dass die Aufsättigung unter Verwendung eines Behälters durchgeführt wird, dem kopfseitig eine Dampfphase entnommen, in einem mit der Wärmesenke thermisch gekoppelten Wärmetauscher zumindest zu einem Teil verflüssigt, und in den Behälter zurückgespeist wird.

[0022] In einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird ein Wärmepumpenverfahren vorgeschlagen, bei dem der Behälter leer ausgebildet oder mit Böden und/oder Packungen ausgestattet ist. Leere Behälter haben insbesondere Gewichts- und Kostenvorteile, während Einbauten die Gleichgewichtseinstellung fördern.

[0023] In einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung umfasst das Wärmepumpenverfahren einen Anfahrbetriebsmodus und einen nach dem Anfahrbetriebsmodus durchgeführten Folgebetriebsmodus, wobei das Arbeitsmittel in dem Folgebetriebsmodus der Aufsättigung auf dem oberen Temperaturniveau T_o unterworfen wird und wobei das Arbeitsmittel in dem Anfahrbetriebsmodus nach der Verdichtung zumindest zu einem Teil unter Verwendung einer weiteren Wärmesenke auf einem mittleren Temperaturniveau T_m zwischen dem unteren Temperaturniveau T_u und dem oberen Temperaturniveau abgekühlt T_o wird. Zum vereinfachten Anfahren des Verdichters kann dabei ein Kühler vorgesehen werden, der die bei der Verdichtung anfallende Wärme bei einem mittleren Temperaturniveau T_m unterhalb des oberen Temperaturniveau T_o abführen kann. Ein zugehöriger Behälter kann in Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung mit dem zuvor im Zusammenhang mit der Aufsättigung erläuterten Behälter kombiniert werden.

[0024] In einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung kann die weitere Wärmesenke mit einem Anfahrkühler thermisch gekoppelt sein. Hierbei kann eine Ausgestaltung vorgesehen sein, in der das untere Temperaturniveau T_u in dem Anfahrbetriebsmodus zumindest

zum Teil abgesenkt wird, indem ein auf dem unteren Temperaturniveau T_u vorliegendes Heizmedium zunächst durch den Anfahrkühler und danach durch einen für die Verdampfung des Arbeitsmittels verwendeten Wärmetauscher geführt wird. Mit anderen Worten kann in einer entsprechenden Ausgestaltung vorgesehen sein, dass der Anfahrkühler auch dafür genutzt wird, um das untere Temperaturniveau T_u zumindest zeitweise abzusenken.

[0025] In einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung kann die Wärmequelle ein kondensierendes Kältemedium eines Kältekreislaufs sein oder ein solches Kältemedium umfassen, dessen Kondensationswärme auf dem unteren Temperaturniveau T_u zumindest zum Teil zur Verdampfung des Arbeitsmittels verwendet wird. Insbesondere in solchen Fällen kann die zuvor erläuterte Ausgestaltung mit zeitweiser Absenkung des unteren Temperaturniveaus T_u vorteilhaft sein, da hiermit die Kondensationsbedingungen des Kältemediums verbessert werden können.

[0026] In einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird ein Arbeitsmittel verwendet, das eine kritische Temperatur aufweist, die mindestens 20 °C oder 30 °C über dem oberen Temperaturniveau T_o liegt. Das Arbeitsmittel kann dabei insbesondere eine oder mehrere Komponenten aufweisen, die aus n-Butan, i-Pentan, n-Pentan, Cyclobutan und Cyclopentan ausgewählt ist oder sind.

[0027] In einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung kann die Wärmequelle ein kondensierendes Kältemittel und/oder ein regeneriertes Amin einer Sauergaswäsche sein oder ein entsprechendes Medium umfassen. Insbesondere bei Verwendung eines regenerierten Amins kann eine vorteilhafte Integration in eine entsprechende Aminwäsche erzielt werden, weil hiermit sowohl eine geeignete Wärmequelle (in Form des regenerierten Waschmittels) und eine geeignete Wärmesenke (in Form des beladenen Waschmittels) genutzt werden kann.

[0028] Eine Wärmepumpenanordnung, die dafür eingerichtet ist, ein Arbeitsmittel unter Verwendung einer Wärmequelle auf einem unteren Temperaturniveau T_u einer Verdampfung und anschließend einer Verdichtung und einer Verflüssigung unter Verwendung einer Wärmesenke auf einem oberen Temperaturniveau T_o zu unterwerfen, ist ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung.

[0029] Eine entsprechende Wärmepumpenanordnung umfasst Mittel, die dafür eingerichtet sind, das Arbeitsmittel nach der Verdampfung und vor der Verdichtung einer Überhitzung zu unterwerfen, eine durch die Verdichtung bewirkte Temperaturerhöhung durch eine Einspritzung in die Verdichtung zu begrenzen, und das Arbeitsmittel nach der Verdichtung und vor der Verflüssigung auf dem oberen Temperaturniveau T_o einer Aufsättigung zu unterwerfen.

[0030] Zu Merkmalen und Vorteilen einer solchen Wärmepumpenanordnung, die in Ausgestaltungen der Erfindung insbesondere dazu eingerichtet sein kann, ein Ver-

fahren durchzuführen, wie es zuvor in unterschiedlichen Ausgestaltungen erläutert wurde, sei auf die obigen Ausführungen ausdrücklich verwiesen. Insbesondere weist eine derartige Wärmepumpenanordnung eine Steuerungseinrichtung auf, die dazu ausgebildet ist, bei Bedarf, beispielsweise nach einem festen Schaltmuster, auf Grundlage eines Sensorsignals oder auf Anforderung, zwischen dem Anfahr- und dem Folgebetriebsmodus umzuschalten.

[0031] Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung näher erläutert, die eine Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht.

Figurenbeschreibung

[0032] In der einzigen Figur ist ein Wärmepumpenverfahren in Form eines stark vereinfachten Prozessflussdiagramms veranschaulicht und insgesamt mit 100 bezeichnet. Die Figur dient zugleich zur Erläuterung einer entsprechenden Wärmepumpenanordnung. Werden nachfolgend Verfahrensschritte erläutert, gelten die entsprechenden Ausführungen für Komponenten der Anordnung in gleicher Weise und umgekehrt. Zu den nachfolgend verwendeten Abkürzungen bzw. Variablen sei ergänzend jeweils auf die eingangs getroffenen Erläuterungen verwiesen.

[0033] In dem in der Figur veranschaulichten Verfahren wird in einem Wärmetauscher E1 ein diesem über eine Leitung L1 mit einem Ventil V1 zugeführtes flüssiges Arbeitsmittel auf einem ersten (geringeren) Druckniveau gegen eine Wärmequelle bzw. ein Heizmedium, die bzw. das auf einem unteren Temperaturniveau T_u verfügbar ist, verdampft. Das verdampfte Arbeitsmittel wird über eine Leitung L2 einem Gegenstromwärmetauscher E3 zugeführt und in diesem einer Überhitzung gegen auf einem zweiten (höheren) Druckniveau vorliegendes verflüssigtes Arbeitsmittel in einer Leitung L3 unterworfen. Das überhitzte Arbeitsmittel wird über eine Leitung L4 einem Verdichter C1 zugeführt und diesem über eine Leitung L5 entnommen. Unter Einsatz eines Behälters D1 wird das verdichtete Arbeitsmittel verflüssigt, wobei eine Dampfphase aus dem Behälter D1 über eine Leitung L6 abgezogen und in dem Wärmetauscher E2 gegen eine Warmesenke bzw. ein Kühlmedium, die bzw. das auf einem oberen Temperaturniveau T_o verfügbar ist, zumindest teilweise verflüssigt und über eine Leitung L7 in den Behälter D1 zurückgeführt. Der Behälter D1 dient dabei, mit anderen Worten, der Aufsättigung des verdichteten Arbeitsmittels aus der Leitung L5 mit der Flüssigkeit aus dem Kondensator E2, der Wärme Q_o bei T_o an die Warmesenke abgibt. Eine Flüssigphase wird dem Behälter D1 über die bereits erwähnte Leitung L3 entnommen und in dem Gegenstromwärmetauscher E3 unter Überhitzung des verdampften Arbeitsmittels in Leitung L2 weiter abgekühlt.

[0034] In dem Verfahren 100 liegt ein Eintrittstemperaturniveau des Verdichters C1 höchstens 10 K, vorzugsweise höchstens 5 K unter dem oberen Temperaturni-

veau T_o . Die Verdichtung des überhitzten Arbeitsmittels in dem Verdichter C1 erfolgt auf ein Austrittsdruckniveau, das mindestens dem Siededruck des Arbeitsmittels bei der Temperatur T_o der Warmesenke entspricht.

[0035] Durch die Aufsättigung des verdichteten Arbeitsmittels in dem Behälter D1 wird die durch die Verdichtung entstandene Überhitzung abgebaut. Dadurch kann vermieden werden, dass die Warmesenke zumindest teilweise mit unerwünscht hoher Temperatur beaufschlagt wird. Dies ist z.B. beim Aufkochen beladenen Amins in der Regenerierkolonne einer Kohlendioxidwäsche ein wichtiges Kriterium für die Verfahrensauswahl. Die Überhitzung des Arbeitsmittels vor der Verdichtung ermöglicht ein effizientes Verfahren mit einem COP-Wert > 2.5 .

[0036] Die Temperaturerhöhung im Verdichter C1 kann durch Einspritzen von unterkühltem Arbeitsmittel über eine Leitung L8 mit einem Ventil V2 auf $< 180^\circ\text{C}$ begrenzt werden. Zum vereinfachten Anfahren des Verdichters C1 kann ein Kühler E4 vorgesehen sein, der die bei der Verdichtung anfallende Wärme bei einem mittleren Temperaturniveau T_m unterhalb des oberen Temperaturniveau T_o abführen kann. Ein zugehöriger Behälter D2 kann ggf. mit dem Behälter D1 kombiniert werden oder mit dem Kühler E4 in der erläuterten Weise verschaltet sein, wobei das Arbeitsmittel dem Behälter D2 über eine Leitung L9 mit einem Ventil V3 zugeführt und diesem über eine Leitung L10 entnommen werden kann. Der Anfahrkühler E4 kann ggf. auch dafür genutzt werden, um das obere Temperaturniveau (T_o) zumindest zeitweise abzusenken.

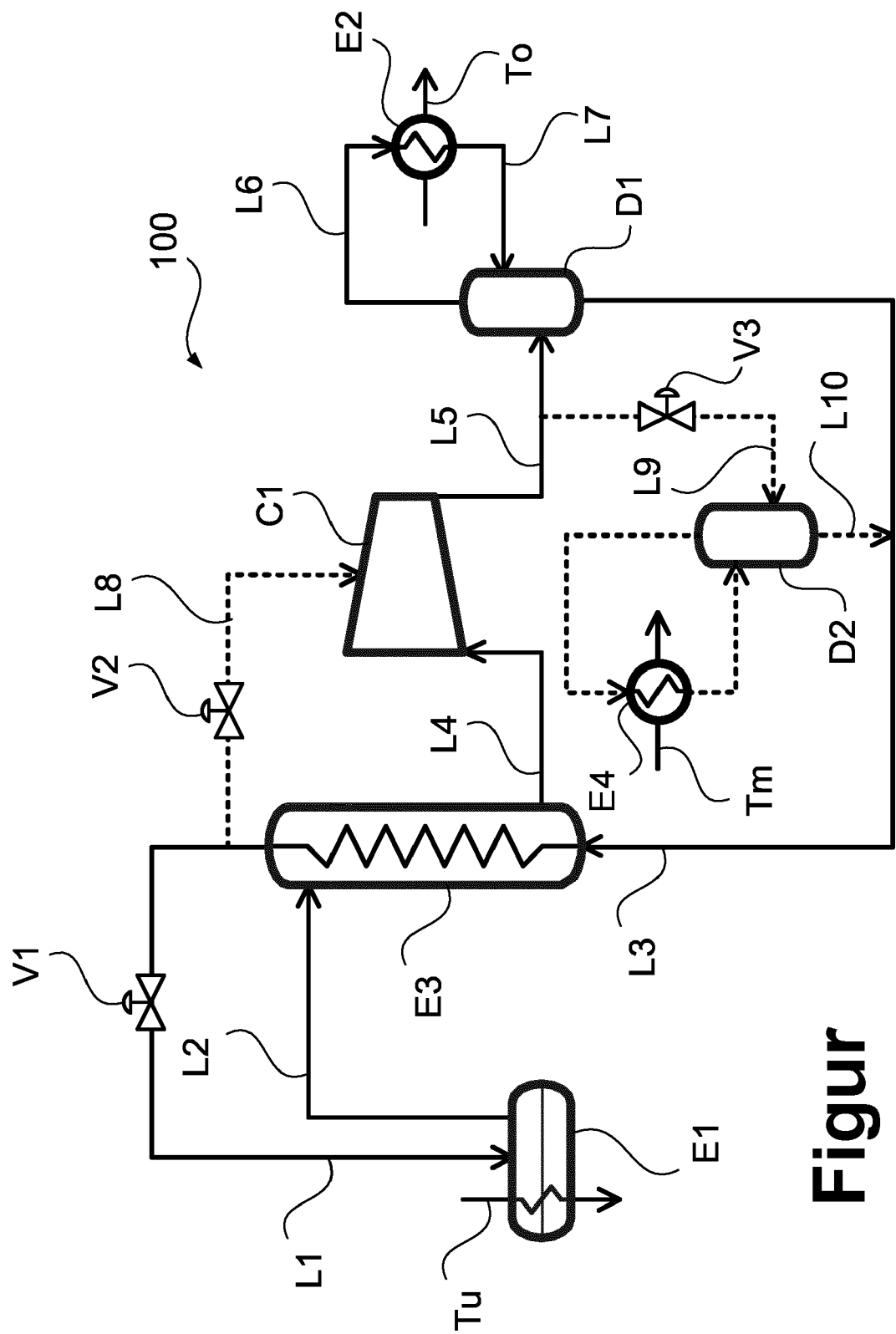
Patentansprüche

1. Wärmepumpenverfahren (100), bei dem ein Arbeitsmittel unter Verwendung einer Wärmequelle (Q_u) auf einem unteren Temperaturniveau (T_u) einer Verdampfung und anschließend einer Verdichtung und einer Verflüssigung unter Verwendung einer Warmesenke auf einem oberen Temperaturniveau (T_o) unterworfen wird, wobei das Arbeitsmittel nach der Verdampfung und vor der Verdichtung einer Überhitzung unterworfen wird, wobei eine durch die Verdichtung bewirkte Temperaturerhöhung durch eine Einspritzung in die Verdichtung begrenzt wird, und wobei das Arbeitsmittel nach der Verdichtung und vor der Verflüssigung auf dem oberen Temperaturniveau einer Aufsättigung unterworfen wird.
2. Wärmepumpenverfahren (100) nach Anspruch 1, bei dem das untere Temperaturniveau (T_u) bei 10 bis 60°C liegt, bei dem das obere Temperaturniveau (T_o) bei mindestens 115°C liegt, bei dem ein Eintrittstemperaturniveau in die Verdichtung höchstens 10 K unter dem oberen Temperaturniveau (T_o) liegt, und bei dem die durch die Verdichtung bewirkte Temperaturerhöhung durch die Einspritzung auf ein

Temperaturniveau von höchstens 180 °C begrenzt wird.

3. Wärmepumpenverfahren (100) nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Einspritzung unter Verwendung eines Teils des Arbeitsmittels durchgeführt wird, das vor der Verdampfung und vor der Überhitzung von einem der Überhitzung und danach der Verdichtung zugeführten Rest abgezweigt, entspannt, und auf einer oder mehreren Zwischenstufen der Verdichtung in die Verdichtung eingespeist wird. 5
4. Wärmepumpenverfahren (100) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem für die Verdichtung ein Verdichter (C1) verwendet wird, der als Einwellenturboverdichter oder Schraubenverdichter ausgebildet ist. 10
5. Wärmepumpenverfahren (100) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Aufsättigung unter Verwendung eines Behälters (D1) durchgeführt wird, dem kopfseitig eine Dampfphase entnommen, in einem mit der Wärmesenke thermisch gekoppelten Wärmetauscher zumindest zu einem Teil verflüssigt, und in den Behälter (D1) zurückgespeist wird. 20
6. Wärmepumpenverfahren (100) nach Anspruch 5, bei dem der Behälter (D1) leer ausgebildet oder mit Böden und/oder Packungen ausgestattet ist. 25
7. Wärmepumpenverfahren (100) nach einem der vorstehenden Ansprüche, das einen Anfahrbetriebsmodus und einen nach dem Anfahrbetriebsmodus durchgeführten Folgebetriebsmodus umfasst, wobei das Arbeitsmittel in dem Folgebetriebsmodus der Aufsättigung auf dem oberen Temperaturniveau unterworfen wird und wobei das Arbeitsmittel in dem Anfahrbetriebsmodus nach der Verdichtung zumindest zu einem Teil unter Verwendung einer weiteren Wärmesenke auf einem mittleren Temperaturniveau (Tm) zwischen dem unteren Temperaturniveau (Tu) und dem oberen Temperaturniveau (To) abgekühlt wird. 30
8. Wärmepumpenverfahren (100) nach Anspruch 7, bei dem die weitere Wärmesenke mit einem Anfahrkühler (E4) thermisch gekoppelt ist. 35
9. Wärmepumpenverfahren (100) nach Anspruch 8, bei dem das untere Temperaturniveau (Tu) in dem Anfahrbetriebsmodus zumindest zum Teil abgesenkt wird, indem ein auf dem unteren Temperaturniveau (Tu) vorliegendes Heizmedium zunächst durch den Anfahrkühler (E4) und danach durch einen für die Verdampfung des Arbeitsmittels verwendeten Wärmetauscher (E1) geführt wird. 40

10. Wärmepumpenverfahren (100) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Wärmequelle ein kondensierendes Kältemedium eines Kältekreislaufs ist, dessen Wärme (Qu) auf dem unteren Temperaturniveau (Tu) zumindest zum Teil zur Verdampfung des Arbeitsmittels verwendet wird. 45
11. Wärmepumpenverfahren (100) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem das Arbeitsmittel eine kritische Temperatur aufweist, die mindestens 20 °C oder 30 °C über dem oberen Temperaturniveau (To) liegt. 50
12. Wärmepumpenverfahren (100) nach Anspruch 11, bei dem das Arbeitsmittel eine oder mehrere Komponenten aufweist, die aus n-Butan, i-Pentan, n-Pentan, Cyclobutan und Cyclopentan ausgewählt ist oder sind. 55
13. Wärmepumpenverfahren (100) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Wärmequelle (Qu) ein kondensierendes Kältemittel und/oder eine regenerierte wässrige Aminlösung einer Sauer gaswäsche umfasst.
14. Wärmepumpenanordnung, die dafür eingerichtet ist, ein Arbeitsmittel unter Verwendung einer Wärmequelle (Qu) auf einem unteren Temperaturniveau (Tu) einer Verdampfung und anschließend einer Verdichtung und einer Verflüssigung unter Verwendung einer Wärmesenke auf einem oberen Temperaturniveau (To) zu unterwerfen, wobei Mittel bereitgestellt sind, die dafür eingerichtet sind, das Arbeitsmittel nach der Verdampfung und vor der Verdichtung einer Überhitzung zu unterwerfen, eine durch die Verdichtung bewirkte Temperaturerhöhung durch eine Einspritzung in die Verdichtung zu begrenzen, und das Arbeitsmittel nach der Verdichtung und vor der Verflüssigung auf dem oberen Temperaturniveau einer Aufsättigung zu unterwerfen.
15. Wärmepumpenanordnung nach Anspruch 14, die zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 13 eingerichtet ist.



Figur



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 21 02 0642

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

2

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2014/053597 A1 (MATSUURA TAKAHIRO [JP] ET AL) 27. Februar 2014 (2014-02-27)	1, 2, 4-6, 10-15	INV. F25B31/00
A	* Absatz [0013] - Absatz [0065]; Abbildungen 1-4 *	3, 7-9	ADD. F25B6/02
X	EP 3 502 587 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND THERMAL SYSTEMS LTD [JP]) 26. Juni 2019 (2019-06-26)	1-6, 10-15	F25B1/047 F25B1/053 F25B40/00
A	* Absatz [0024] - Absatz [0130]; Abbildungen 1-6 *		
A	WO 2008/130357 A1 (CARRIER CORP [US]; MITRA BISWAJIT [US] ET AL.) 30. Oktober 2008 (2008-10-30)	3	
	* Absatz [0017] - Absatz [0036]; Abbildungen 1, 2 *		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F25B
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	
München		16. Mai 2022	
		Prüfer	
		Szilagyi, Barnabas	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

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

EP 21 02 0642

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

16-05-2022

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2014053597 A1	27-02-2014	CN 103429970 A	04-12-2013
		JP 6008206 B2	19-10-2016
		JP WO2013108636 A1	11-05-2015
		US 2014053597 A1	27-02-2014
		WO 2013108636 A1	25-07-2013

EP 3502587 A1	26-06-2019	EP 3502587 A1	26-06-2019
		JP 6781066 B2	04-11-2020
		JP 2018136057 A	30-08-2018
		WO 2018155028 A1	30-08-2018

WO 2008130357 A1	30-10-2008	CN 101688696 A	31-03-2010
		DK 2147264 T3	04-03-2019
		EP 2147264 A1	27-01-2010
		HK 1142664 A1	10-12-2010
		JP 2010525292 A	22-07-2010
		US 2010115975 A1	13-05-2010
		WO 2008130357 A1	30-10-2008

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 3505767 B1 [0017]
- EP 20176585 A [0017]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **ARPAGAU CORDIN et al.** High temperature heat pumps: Market overview, state of the art, research status, refrigerants, and application potentials. *Energy*, 2018, vol. 152, 985-1010 [0002]