



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
15.12.2021 Patentblatt 2021/50

(51) Int Cl.:
F25B 49/02 (2006.01) F25B 40/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21177576.2**

(22) Anmeldetag: **03.06.2021**

(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: **Stiebel Eltron GmbH & Co. KG**
37603 Holzminden (DE)

(72) Erfinder:
• **Hildebrandt, Silvia**
37671 Höxter (DE)
• **Herrs, Martin**
37671 Höxter (DE)

(30) Priorität: **09.06.2020 DE 102020115275**

(54) **VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER KOMPRESSIONSKÄLTEANLAGE UND KOMPRESSIONSKÄLTEANLAGE**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Kompressionskälteanlage (200) und eine zugehörige Kompressionskälteanlage (200). Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte: Berechnen einer Temperaturdifferenz zwischen Taupunkttemperatur und Siedepunkttemperatur, genannt Temperaturgleit, des Kältemittels in dem aktuellen Arbeitspunkt der Kompressionskälteanlage auf Grundlage eines erfassten Niederdruckes (ND) des Kältemittels, Berechnen eines Temperaturdifferenz-Grenzwertes relativ zum berechneten Temperaturgleit des erfassten Niederdruckes (ND) des Kältemittels in dem aktuellen Arbeitspunkt, Be-

werten der aktuellen Verdampferaustrittsüberhitzung auf Unterschreitung des Temperaturdifferenz-Grenzwertes, Bereitstellen eines Sollwertes einer Überhitzung, die als eine Differenz zwischen Temperatur des Kältemittels und Taupunkttemperatur definiert ist, bei Eintritt in den Verdichter (210), genannt Verdichtereintrittsüberhitzung, Bewerten der aktuellen Verdichtereintrittsüberhitzung auf Überschreitung des Sollwertes der Verdichtereintrittsüberhitzung, Erkennen einer Kältemittelmangelsituation, wenn beide Ergebnisse der Schritte des Bewertens für eine festgelegte Zeit ununterbrochen erfüllt sind.

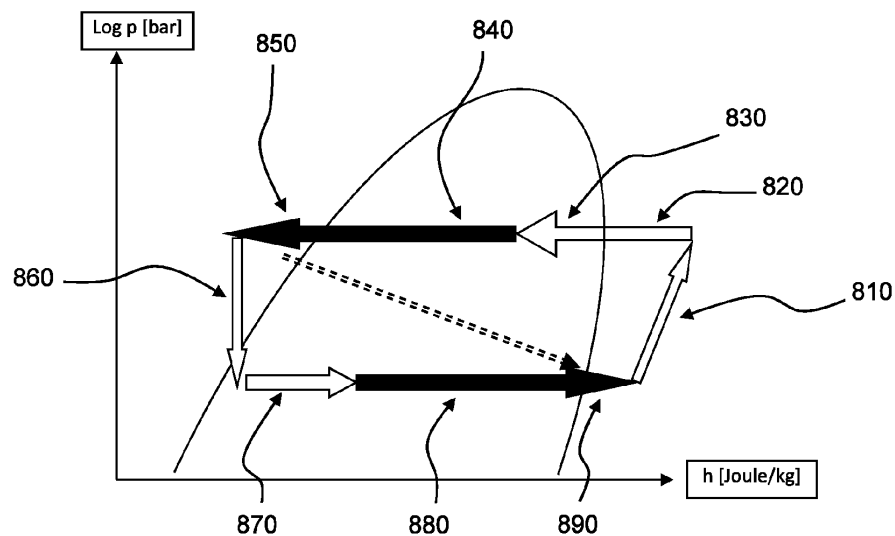


Fig. 4

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Kompressionskälteanlage sowie eine zugehörige Kompressionskälteanlage mit einem Kältemittel, einem Verdampfer, einem Verdichter, einem Verflüssiger, einem Drosselorgan und einer Steuereinheit.

[0002] Derartige Kompressionskälteanlagen, beispielsweise in Form von Wärmepumpen, mit einem Dampfkompensationssystem in welchem ein gasförmiges Kältemittel von einem mittels der Steuereinheit, die beispielsweise einen Regler aufweist, gesteuerten Verdichter von einem Niederdruck auf einen Hochdruck verdichtet wird, sind bekannt.

[0003] Das Kältemittel wird durch den Verflüssiger getrieben, in dem es eine Heizwärme an ein in einem Wärmenesenkensystem befindliches Heizmedium abgibt. Eine innere Wärme wird in einem optionalen inneren Wärmeübertrager, beispielsweise in Form eines Rekuperators, zwischen dem unter dem Hochdruck vom Verflüssiger zum Expansionsventil strömenden Kältemittel und dem vom Verdampfer zum Verdichter unter dem Niederdruck strömende Kältemittel übertragen.

[0004] Das Kältemittel wird weiter in einer Hochdruckströmungsrichtung zu einem vom Regler gesteuerten Expansionsventil geführt, in dem das Kältemittel vom Hochdruck auf den Niederdruck abhängig von einem Regelwert entspannt wird. Das auf dem Niederdruck befindliche Kältemittel verdampft in dem Verdampfer bei Aufnahme von Quellwärme.

[0005] Aus DE 101 59 892 A1 ist bei einer Kältemaschine bekannt, insbesondere bei einer Wärmepumpe, einen Rekuperator zu verwenden, womit bei niedrigen Außentemperaturen die Heizleistung auf baulich einfache Weise erhöht werden soll. Hierfür ist der Rekuperator derart dimensioniert, dass er bei niedrigen Verdampfungstemperaturen wenigstens etwa 15% der Heizleistung der Wärmepumpe vom flüssigen Kältemittel auf das gasförmige Kältemittel überträgt. Ein Einspritzventil spritzt flüssiges Kältemittel in den Verdichter, so dass die Verdichtungsendtemperatur unter 120 °C bleibt.

[0006] Eine Wärmepumpenanlage mit einem Kältemittelkreislauf ist aus DE 10 2005 061 480 B3 bekannt. Sie ist mit einem Verdichter, einem ersten Wärmeübertrager, einem Drosselorgan, einem Verdampfer und einer 4-2-Wegeventileinheit zum Umschalten zwischen einer ersten (Heizen) und einer zweiten Betriebsart (Kühlen) ausgestattet. Eine Strömungsrichtung des in dem Kältemittelkreislauf befindlichen Kältemittels kann derart umgeschaltet werden kann, dass der erste Wärmeübertrager in der ersten Betriebsart zum Verflüssigen des Kältemittels, und in der zweiten Betriebsart zum Verdampfen des Kältemittels dient, und der zweite Wärmeübertrager in der ersten Betriebsart zum Verdampfen des Kältemittels und in der zweiten Betriebsart zum Verflüssigen des Kältemittels dient, wobei der erste Wärmeübertrager im Kältemittelkreislauf so verschaltet ist, dass er in den beiden Betriebsarten Heizen und Kühlen als Gegenstrom-Wär-

meübertrager arbeitet.

[0007] Die Regelung der Kompressionskälteanlage muss verschiedene Anforderungen erfüllen, so wird beispielsweise gefordert, dass eine Leistungszahl möglichst hoch ist, um einen möglichst energieeffizienten Betrieb zu erlauben. Zentral ist aber auch, dass die Betriebsgrenzen der Komponenten eingehalten werden.

[0008] Die Leistungszahl hängt maßgeblich von der richtigen Menge an Kältemittel ab, die durch den Kältekreis zirkuliert. Überschüssiges Kältemittel kann beispielsweise in einem Kältemittelsammler gesammelt werden, so dass die richtige Menge an Kältemittel zirkuliert. Ist zu wenig Kältemittel vorhanden, das durch den Kältekreis zirkulieren kann, so ergibt sich ein schlechter Wirkungsgrad der Kompressionskälteanlage. Eine solche Kältemittelmangelsituation kann verschiedene Ursachen haben, die unterschiedliche Reaktionen erfordern.

[0009] Vor diesem Hintergrund ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Betreiben der eingangs genannten Kompressionskälteanlage vorzuschlagen, dass eine Kältemittelmangelsituation und dessen Ursache zuverlässig erkennen kann.

[0010] Gelöst wird die Aufgabe durch die Verfahrensmerkmale des Anspruchs 1 sowie die Vorrichtungsmerkmale des Anspruchs 6.

[0011] Demnach wird ein Verfahren zum Betreiben einer Kompressionskälteanlage vorgeschlagen mit einem Kältemittel, das einen Temperatursgleit aufweist, einem Verdampfer, einem Verdichter, einem Verflüssiger, einem Drosselorgan, einem internen Wärmeübertrager, wobei der interne Wärmeübertrager zur Übertragung von Wärmeenergie des Kältemittels vor Eintritt in das Drosselorgan an das Kältemittel vor Eintritt in den Verdichter ausgebildet ist, und einer Steuereinheit, wobei die Steuereinheit ausgebildet ist a) zur Erfassung einer Überhitzung des Kältemittels nach Austritt aus dem Verdampfer sowie zur Erfassung einer Überhitzung des Kältemittels bei Eintritt in den Verdichter und b) zur Regelung des Drosselorgans ausgebildet ist, wobei die Regelung des Drosselorgans mit Hilfe einer auf beiden Überhitzungen basierenden Regelgröße und c) zur Detektion eines Kältemittelmangels zumindest im Verflüssiger ausgebildet ist.

[0012] Das Verfahren umfasst ein Berechnen einer Temperaturdifferenz zwischen Taupunkttemperatur und Siedepunkttemperatur, genannt Temperatursgleit, des Kältemittels in dem aktuellen Arbeitspunkt der Kompressionskälteanlage auf Grundlage eines erfassten Niederdruckes des Kältemittels.

[0013] Der Temperatursgleit ist vom aktuellen Druck, auf den man ihn bezieht, abhängig. Erfindungsgemäß ist der im Niederdruckpfad des Kältemittels relevant. Hierbei kann der Temperatursgleit anhand einer für das verwendete Kältemittel bekannten Kennlinie bestimmt werden. Kältemittel, die einen Temperatursgleit aufweisen, sind üblicherweise Mischungen von zwei oder mehreren Kältemittelkomponenten. Besonders bevorzugt wird in diesem Fall eine Korrektur der bekannten Kennlinie auf-

grund von Abweichungen des Mischungsverhältnisses vorgesehen.

[0014] Das Verfahren umfasst ferner ein Berechnen eines Temperaturdifferenz-Grenzwertes relativ zum berechneten Temperaturgleit des erfassten Niederdrucks des Kältemittels in dem aktuellen Arbeitspunkt.

[0015] Das Verfahren umfasst ferner ein Bewerten der aktuellen Verdampferaustrittsüberhitzung auf Unterschreitung des Temperaturdifferenz-Grenzwertes.

[0016] Beispielsweise und nicht einschränkend kann der Temperaturgleit in typischen Arbeitsbereichen bei typischen Kältemitteln, wie beispielsweise R454C, in einem Bereich von 5 K bis 15 K, insbesondere zwischen 7 und 8 K liegen. Das Kältemittel tritt aus dem Verdampfer mit einer Verdampferaustrittsüberhitzung von -2 oder -2,5 K aus, das heißt, die Temperatur des Kältemittels am Verdampferaustritt ist geringer als die Temperatur, bei dem die Verdampfung abgeschlossen ist. Der Temperaturdifferenz-Grenzwert kann nun festlegen, dass die Voraussetzung zum Vorliegen einer Kältemittelmangelsituation erfüllt ist, wenn das Kältemittel mit einer niedrigeren Temperatur als -4 bzw. -5 K Abstand zum Abschluss der Verdampfung aus dem Verdampfer austritt.

[0017] Das Verfahren umfasst ferner ein Bereitstellen eines Sollwertes einer Überhitzung, die als eine Differenz zwischen Temperatur des Kältemittels und Taupunkttemperatur definiert ist, bei Eintritt in den Verdichter, genannt Verdichtereintrittsüberhitzung,

[0018] Das Verfahren umfasst ferner ein Bewerten der aktuellen Verdichtereintrittsüberhitzung auf Überschreitung des Sollwertes der Verdichtereintrittsüberhitzung,

[0019] Das Verfahren umfasst schließlich ein Erkennen einer Kältemittelmangelsituation, wenn beide Ergebnisse der Schritte des Bewertens für eine festgelegte Zeit ununterbrochen erfüllt sind.

[0020] Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht daher, in Kompressionskälteanlagen mit internem Wärmeübertrager anhand zweier Überhitzungswerte des Kältemittels im Niederdruckpfad, nämlich bei Austritt aus dem Verdampfer und bei Eintritt in den Verdichter, zuverlässig eine bestehende Kältemittelmangelsituation zu erkennen.

[0021] Die festgelegte Zeit ist vorzugsweise wenigstens eine Minute, besonders bevorzugt 10 Minuten. Damit wird dem Regelkreis die Gelegenheit gegeben, stabil in den gewünschten Zustand zurückzukehren, was eine gewisse Zeit erfordert.

[0022] Erst nach Stabilisierungszeit lohnt es sich, einen Kältemittelmangel zu bewerten. Wenn tatsächlich Kältemittelmangel vorliegt, wird dieser beispielsweise über Tage/Monate/Jahre durch kleine Leckagen hervorgerufen; es tritt kein kritischer Schaden auf, sondern die Leistungszahl sinkt ab.

[0023] Vorzugsweise weist das Kältemittel einen Temperaturgleit auf, wobei das Kältemittel insbesondere R454C aufweist oder daraus besteht, und wobei die Kompressionskälteanlage insbesondere einem internen Wärmeübertrager zur Übertragung von Wärmeenergie

des Kältemittels vor Eintritt in das Drosselorgan an das Kältemittel vor Eintritt in den Verdichter enthält. Dies ist insbesondere deshalb einschlägig, da bei Kältekreisen mit R454C regelmäßig leistungsstarke interne Wärmeübertrager zum Einsatz kommen.

[0024] Vorzugsweise weist das Verfahren weiter den folgenden Schritt aufweist: Durchführung eines Versuchs einer Kältemittelrückführung in den Verflüssiger durch zeitlich begrenzte Erhöhung des Sollwertes der Verdichterdrehzahl und / oder zeitlich begrenzte Erhöhung des Sollwertes der Verdampferaustrittsüberhitzung.

[0025] In dieser bevorzugten Ausführung wird die erkannte Kältemittelmangelsituation versucht aufzulösen. Es muss zwischen zwei grundsätzlich unterschiedlichen Mechanismen, die zu Kältemittelmangel im Verflüssiger führen, unterschieden werden. Bei dem ersten Mechanismus ist durch Leckagen, Undichtigkeiten, etc. in dem System zu wenig Kältemittel vorhanden. Diese Situation kann lediglich über einen händischen Eingriff, das heißt das Wiederbefüllen des Kältekreises mit der benötigten Kältemittelmenge und ein Abdichten des Kältekreises behoben werden.

[0026] Die zweite Situation eines Kältemittelmangels im Verflüssiger wird durch in Komponenten des Kältekreises auskondensiertes Kältemittel hervorgerufen. In bestimmten Arbeitspunkten kann Kältemittel, beispielsweise an tiefliegenden Positionen im Verdampfer, ausfallen und aufgrund geringer Strömungsgeschwindigkeiten sowie der Gravitation nicht mit dem gasförmigen Kältemittel zusammen aus dem Verdampfer austreten. Das Kältemittel bleibt anders ausgedrückt in der Komponente gefangen und steht für den Kreislauf nicht zur Verfügung. Er wurde herausgefunden, dass besonders bei flächenmäßig großen Verdampfern sowie Betriebspunkten mit geringen Leistungsanforderungen, beispielsweise geringen Verdichterdrehzahlen, die Gefahr der Akkumulation von Kältemittel in Komponenten des Kältekreises ansteigt. Bei derartigen Kältemittelmangelsituationen besteht die Möglichkeit, durch die Verlagerung des Arbeitspunktes eine erfolgreiche Rückführung des Kältemittels anzustoßen.

[0027] Vorzugsweise weist das Verfahren weiter den folgenden Schritt aufweist: Generierung eines Fehlerzustandes bei erfolglosem Versuch der Kältemittelrückführung, insbesondere bei mehrfachem erfolglosem Versuch der Kältemittelrückführung, in einer festgelegten Zeitspanne.

[0028] Verläuft der Versuch der Kältemittelrückführung ohne Erfolg, ist mit größerer Wahrscheinlichkeit von einer Leckage und einer tatsächlich zu geringen Menge an Kältemittel auszugehen. Lediglich ein manueller Eingriff, der wie oben beschrieben ein Auffüllen von Kältemittel und Abdichten des Kältekreises enthält, ist dann geeignet, den effizienzoptimierten Betrieb wiederherzustellen.

[0029] Der Fehlerzustand kann vorzugsweise auf einem Gehäuse der Kompressionskälteanlage, beispielsweise

weise in einem Display, angezeigt werden. Alternativ oder zusätzlich kann der Fehlerzustand samt weitergehender Diagnoseinformationen an einen Server übertragen und/oder in einer App angezeigt werden. Die Diagnoseinformationen können bei einer Reparatur unterstützen.

[0030] In einer Ausführung kann eine feste Zeitdauer und ein fester Wert relativ zum Temperaturgleit eingestellt werden, der angibt, dass in dem Verdampfer eine signifikant zu geringe Energie übertragen wird, was auf eine Kältemittelverlagerung hindeutet. In verschiedenen Arbeitspunkten wird von einem regulärem Überhitzungswert ausgegangen, der auch ins Negative geht, insbesondere basierend auf bekannten, modellbasierte Vorsteuerkennlinien. Basierend auf diesem regulären Überhitzungswert kann erfindungsgemäß bestimmt werden, dass eine Grenze für Kältemittelmangel immer dann erreicht ist, wenn ein Abstand davon einen gewissen Schwellwert, den Temperaturdifferenz-Grenzwert, beispielsweise 1 K oder 2 K, besonders bevorzugt 1,5 K, erreicht ist.

[0031] Vorzugsweise erfolgt das Berechnen des Temperaturdifferenz-Grenzwertes relativ zum berechneten Temperaturgleit des erfassten Niederdrucks des Kältemittels abhängig von dem aktuellen Arbeitspunkt der Kompressionskälteanlage.

[0032] Vorzugsweise wird der Temperaturdifferenz-Grenzwert relativ zum berechneten Temperaturgleit proportional zu einer Differenz zwischen Wärmesenktemperatur und Wärmequellentemperatur eingestellt.

[0033] In dieser Ausführungsform kann der Temperaturdifferenz-Grenzwert demnach auch modellbasiert korrigiert werden, womit die Diagnose eines Kältemittelmangels noch genauer abhängiger von der Betriebssituation bestimmt werden kann. Im regulären Betrieb stattfindende Überhitzungsreduktion in negative Bereiche - die spätestens bei Eintritt in den Verdichter ausgeschlossen werden muss - ist durch die Verwendung eines Rekuperators möglich und geht nah an Bereiche ran, in denen Kältemittelmangel detektiert wird.

[0034] Aus diesem Grund ist es vorteilhaft, den Temperaturdifferenz-Grenzwert zusätzlich zum Gleit, der eine physikalische Eigenschaft des Kältemittels ist, auch vom Betriebspunkt des Verdampfers, also der Temperaturkonstellation der Medientemperaturen, abhängig zu gestalten. Liegt eine geringe treibende Temperaturdifferenz vor, wird nur eine geringe negative Überhitzung erwartet, so dass der Temperaturdifferenz-Grenzwert nah an den geringen negativen Überhitzungswert heran gelegt werden kann. Für eine große treibende Temperaturdifferenz, beispielsweise bei hohen Vorlauftemperaturen und/oder niedrigen Wärmequellentemperaturen, ist demnach vorteilhaft, einen größeren Temperaturdifferenz-Grenzwert zu implementieren

[0035] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß ferner durch eine Kompressionskälteanlage mit einem Kältemittel, das einen Temperaturgleit aufweist, einem Verdampfer, einem Verdichter, einem Verflüssiger, einem

Drosselorgan, einem internen Wärmeübertrager, wobei der interne Wärmeübertrager zur Übertragung von Wärmeenergie des Kältemittels im Hochdruckpfad vor Eintritt in das Drosselorgan an das Kältemittel im Niederdruckpfad vor Eintritt in den Verdichter ausgebildet ist, und einer Steuereinheit gelöst. Die Steuereinheit ist ausgebildet a) zur Erfassung einer Überhitzung des Kältemittels nach Austritt aus dem Verdampfer sowie zur Erfassung einer Überhitzung des Kältemittels bei Eintritt in den Verdichter b) zur Regelung des Drosselorgans mit Hilfe einer auf beiden Überhitzungen basierenden Regelgröße und c) zur Detektion eines Kältemittelmangels zumindest im Verflüssiger.

[0036] Die Steuereinheit ist ferner ausgebildet zum: Berechnen einer Temperaturdifferenz zwischen Taupunkttemperatur und Siedepunkttemperatur, genannt Temperaturgleit, des Kältemittels in dem aktuellen Arbeitspunkt der Kompressionskälteanlage auf Grundlage eines erfassten Niederdrucks des Kältemittels, Berechnen eines Temperaturdifferenz-Grenzwertes relativ zum berechneten Temperaturgleit des erfassten Niederdrucks des Kältemittels in dem aktuellen Arbeitspunkt, Bewerten der aktuellen Verdampferaustrittsüberhitzung auf Unterschreitung des Temperaturdifferenz-Grenzwertes, Bereitstellen eines Sollwertes einer Überhitzung, die als eine Differenz zwischen Temperatur des Kältemittels und Taupunkttemperatur definiert ist, bei Eintritt in den Verdichter, genannt Verdichtereintrittsüberhitzung, Bewerten der aktuellen Verdichtereintrittsüberhitzung auf Überschreitung des Sollwertes der Verdichtereintrittsüberhitzung, Erkennen einer Kältemittelmangelsituation, wenn beide Ergebnisse der Schritte des Bewertens für eine festgelegte Zeit ununterbrochen erfüllt sind.

[0037] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß ferner durch eine Wärmepumpe mit einer erfindungsgemäßen Kompressionskälteanlage gelöst.

[0038] Bevorzugte Ausgestaltungen und damit verknüpfte Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens sind ebenso auf die erfindungsgemäße Kompressionskälteanlage sowie die erfindungsgemäße Wärmepumpe anwendbar.

[0039] Die erfindungsgemäße Kompressionskälteanlage eignet sich unabhängig von der Art der Wärmepumpe, beispielsweise Luft-/Wasser-, Sole-/Wasser-Wärmepumpen, und unabhängig von dem Ort der Aufstellung.

[0040] Weitere Vorteile und bevorzugte Ausgestaltungen werden nachfolgend mit Verweis auf die beigefügten Figuren näher beschrieben. Hierbei zeigen:

Fig. 1 Wärmepumpe 100 mit einem Dampfkomppressionskreislauf 200

Fig. 2 log p / h - Diagramm des Dampfkompessionsprozesses mit Rekuperator 250

Fig. 3 das log p / h - Diagramm der Fig. 2 ohne Kältemittelmangel und

Fig. 4 ein log p / h - Diagramm mit Kältemittelmangel.

[0041] Fig. 1 zeigt schematisch und exemplarisch eine Wärmepumpe 100. Die Wärmepumpe 100 besteht im Wesentlichen aus einem eine Kompressionskälteanlage bildenden Dampfkompensationssystem 200. Fig. 2 zeigt ein beispielhaftes log p / h - Diagramm des Dampfkompensionsprozesses, der den in dem Dampfkompensationssystem 200 ablaufenden Prozess mit eingezeichneten Prozessvariablen abbildet. Das Dampfkompensationssystem 200 enthält folgende Komponenten:

- Einen Verdichter 210 zum Verdichten des überhitzten Kältemittels,
- einen Verflüssiger 220, mit einem kältemittelseitigem Verflüssigereintritt 221 und einem Verflüssigerausstritt 222 zur Übertragung von Wärmeenergie Q_H aus dem Dampfkompensationssystem 200 an ein Heizmedium eines Heizsystems 400, mit einem Heizmedium eintritt 401, einem Heizmedium austritt 402 und einer Heizmediumpumpe 410, zu einer Gebäudeheizung oder ein System zur Warmwassererhitzung,
- vorteilhaft einen Kältemittelsammler 260, welcher als Kältemittelreservoir zum Ausgleich von betriebsbedingungsabhängig unterschiedlich hohen Kältemittelmengenbedarfen verwendet wird,
- ein als Expansionsventil ausgebildetes Drosselorgan 230 zum Expandieren des Kältemittels,
- einen Verdampfer 240, mit einem Verdampfereinlass 241, zur Übertragung von Quellenenergie Q_Q aus einem Wärmequellsystem 300, mit einem Wärmequell einlass 320 und einem Wärmequell auslass 310, wobei das Wärmequellsystem 300 insbesondere ein Solesystem sein kann, welches Wärmeenergie Q_Q aus dem Erdreich aufnimmt oder ein Luftsystem, welches Wärmeenergie Q_Q aus der Umgebungsluft aufnimmt und an das Dampfkompensationssystem 200 abgibt oder eine beliebige andere Wärmequelle,
- einen Rekuperator als Beispiel eines optionalen internen Wärmeübertragers 250, welcher dazu bestimmt ist, innere Wärmeenergie Q_i zwischen dem vom Verflüssiger 220 zum Expansionsventil 230 strömenden Kältemittel auf das vom Verdampfer 240 zum Verdichter 210 strömende Kältemittel zu übertragen und
- ein Kältemittel, insbesondere ein Kältemittelgemisch aus wenigsten zwei Stoffen oder zwei Kältemitteln welches in einer Strömungsrichtung S_{HD} und S_{ND} durch den Dampfkompensionskreis 200 strömt, wobei im Dampfkompensionskreislauf 200

Kältemitteldampf durch den Verdichter 210 auf einen Hochdruck HD gebracht wird und zu einem Verflüssiger 220 geführt ist, wobei ein Hochdruckpfad mit der Hochdruckströmungsrichtung S_{HD} vom Verdichter 210 bis zum Expansionsventil 230 gebildet ist. Nach dem Expansionsventil 230 bis zum Verdichter 210 ist ein Niederdruckpfad mit einer Niederdruckströmungsrichtung S_{ND} des Kältemittels gebildet, in dem der Verdampfer 240 liegt.

[0042] Die folgend aufgelisteten Aktoren sind vorteilhaft zumindest teilweise mit dem Regler über eine Datenverbindung 510, die per Kabel, Funk oder andere Technologien erfolgen kann, verbunden: Verdichter 210, Heizmediumpumpe 410, Solepumpe 330, Expansionsventil 230, Verdichtereintrittstemperatursensor 501, Niederdrucksensor 502, Hochdrucksensor 503 Heißgas-temperatursensor 504, Rekuperatoreintrittstemperatursensor 505 Rekuperatoraustrittstemperatursensor 506 und/oder Verdampferaustrittstemperatursensor 508. Zusätzlich oder alternativ kann ein in der Fig. 1 nicht gezeigter Verdampfereintrittstemperatursensor die Temperatur am Verdampfereinlass 241 bestimmen.

[0043] In dem in Fig. 1 gezeigten Beispiel ist die Wärmepumpe 100 als Sole-Wärmepumpe gezeigt. Natürlich sind analoge Betrachtungen und Vorteile mit Luft-/Wasser-Wärmepumpen erreichbar. Insbesondere bei Luft-Wärmepumpen ist anstelle des Solekreises mit Solepumpe 330 ein Ventilator/Lüfter als Wärmequelle angeordnet.

[0044] Der Verdichter 210 dient zur Kompression des überhitzten Kältemittels von einem Eintrittsanschluss 211 auf einen Verdichteraustrittsdruck P_{Va} bei einer Verdichteraustrittstemperatur entsprechend der Heißgas-temperatur am Verdichteraustritt 212. Der Verdichter 210 enthält üblicher Weise eine Antriebseinheit mit einem Elektromotor, eine Kompressionseinheit und vorteilhaft kann der Elektromotor drehzahlvariabel betrieben werden. Die Kompressionseinheit kann als Rollkolbeneinheit, Scrollereinheit oder anders ausgeführt sein. Am Verdichteraustritt 212 ist das komprimierte überhitzte Kältemittel beim Verdichteraustrittsdruck P_{Va} auf einer höheren Drucklage, insbesondere einem Hochdruck HD, als am Eintrittsanschluss 211 mit einem Verdichtereintrittsdruck P_{Ve} , insbesondere einem Niederdruck ND, bei einer Verdichteter Eintrittstemperatur T_{VE} , was den Zustand der Kältemitteltemperatur am Eintrittsanschluss 211 bei Eintritt in eine Kompressionskammer beschreibt.

[0045] Im Verflüssiger 220 erfolgt die Übertragung von Wärmeenergie Q_H vom Kältemittel des Dampfkompensationssystem 200 an ein Heizmedium des Wärmesenkensystems 400. Zunächst findet im Verflüssiger 220 die Enthitzung des Kältemittels statt, wobei überhitzter Kältemitteldampf durch eine Temperaturreduzierung einen Teil seiner Wärmeenergie an das Heizmedium des Wärmesenkensystems 400 überträgt.

[0046] Nach der Enthitzung des Kältemitteldampfes erfolgt vorteilhaft im Verflüssiger 220 eine weitere Wär-

meübertragung Q_H durch Kondensation des Kältemittels beim Phasenübergang von der Gasphase des Kältemittels auf die Flüssigphase des Kältemittels. Dabei wird weitere Wärme Q_H vom Kältemittel aus dem Dampfkompresseurssystem 200 an das Heizmedium des Wärmesenkensystems 400 übertragen.

[0047] Der sich im Verflüssiger 220 einstellende Hochdruck HD des Kältemittels korrespondiert im Betrieb des Verdichters 210 in etwa mit einem Kondensationsdruck des Kältemittels bei einer Heizmediumtemperatur T_{ws} im Wärmesenkensystem.

[0048] Das Heizmedium, insbesondere Wasser, wird mittels einer Heizmediumpumpe 410 durch das Wärmesenkensystem 400 in einer Richtung SW durch den Verflüssiger 220 gefördert, dabei wird die Wärmeenergie Q_H vom Kältemittel auf das Heizmedium übertragen.

[0049] Im nachfolgenden Sammler 260 wird aus dem Verflüssiger 220 austretendes Kältemittel gespeichert, welches abhängig vom Betriebspunkt des Dampfkompresseurkreises 200 nicht in das zirkulierende Kältemittel eingespeist werden soll. Wird aus dem Verflüssiger 220 mehr Kältemittel eingespeist, als durch das Expansionsventil 230 weitergeleitet wird, füllt sich der Sammler 260, anderenfalls wird er leerer oder entleert.

[0050] Im nachfolgenden Rekuperator 250, der auch als interner Wärmeübertrager bezeichnet werden kann, wird interne Wärmeenergie Q_i vom unter dem Hochdruck HD stehenden Kältemittel, welches vom Verflüssiger 220 zum Expansionsventil 230 in einer Hochdruck-Strömungsrichtung S_{HD} strömt, auf das unter dem Niederdruck ND strömende Kältemittel übertragen, welches vom Verdampfer zum Verdichter in einer Niederdruckströmungsrichtung S_{ND} strömt, übertragen. Dabei wird das vom Verflüssiger zum Expansionsventil 230 strömende Kältemittel in vorteilhafter Weise unterkühlt.

[0051] Zunächst strömt das Kältemittel durch einen Expansionsventileintritt 231 in das Expansionsventil ein. Im Expansionsventil 230 erfolgt eine Drosselung des Kältemitteldruckes vom Hochdruck HD auf den Niederdruck ND, indem das Kältemittel vorteilhaft eine Düsenanordnung oder Drossel mit einem vorteilhaft variablen Öffnungsquerschnitt passiert, wobei der Niederdruck vorteilhaft in etwa ein Saugdruck des Verdichters 210 entspricht. Anstelle eines Expansionsventils 230 kann auch eine andere beliebige Druckminderungseinrichtung eingesetzt sein. Vorteilhaft sind Druckminderungsrohre, Turbinen oder andere Entspannungsvorrichtungen.

[0052] Ein Öffnungsgrad des Expansionsventils 230 wird durch einen Elektromotor, der üblicherweise als Schrittmotor ausgeführt ist eingestellt, welcher durch die Steuereinheit oder Regelung 500 gesteuert wird. Dabei wird der Niederdruck ND beim Expansionsventilaustritt 232 des Kältemittels aus dem Expansionsventil 230 so gesteuert, dass der sich einstellende Niederdruck ND des Kältemittels im Betrieb des Verdichters 210 in etwa mit dem Verdampfungsdruck des Kältemittels mit der Wärmequellenmedientemperatur T_{WQ} korrespondiert. Vorteilhaft wird die Verdampfungs-temperatur des Kälte-

mittels wenige Kelvin unterhalb der Wärmequellenmedientemperatur T_{WQ} liegen, damit die Temperaturdifferenz eine Wärmeübertragung treibt.

[0053] Im Verdampfer erfolgt eine Übertragung von Verdampfungswärmeenergie Q_v vom Wärmequellenfluid des Wärmequellen-systems 300, welches ein Solesystem, ein Erdwärmesystem zur Nutzung von Wärmeenergie Q_Q aus dem Erdreich, ein Luftsystem zur Nutzung von Energie Q_Q aus der Umgebungsluft oder eine andere Wärmequelle sein, die die Quellenergie Q_Q an das Dampfkompresseurssystem 200 abgibt.

[0054] Das in den Verdampfer 240 einströmende Kältemittel reduziert beim Durchströmen des Verdampfers 240 durch Wärmeaufnahme Q_Q seinen Nassdampfanteil und verlässt den Verdampfer 240 vorteilhaft mit einem geringen Nassdampfanteil oder vorteilhaft auch als überhitztes gasförmiges Kältemittel. Das Wärmequellenmedium wird mittels einer Solepumpe 330 bei Sole - Wasser-Wärmepumpen oder einem Außenluftventilator bei Luft/Wasser-Wärmepumpen durch den Wärmequellenmedienpfad des Verdampfers 240 gefördert, wobei beim Durchströmen des Verdampfers dem Wärmequellenmedium die Wärmeenergie Q_Q entzogen wird.

[0055] Im Rekuperator 250 wird Wärmeenergie Q_i zwischen dem vom Verflüssiger 220 zum Expansionsventil 230 strömenden Kältemittel auf das vom Verdampfer 240 zum Verdichter 210 strömende Kältemittel übertragen, wobei das vom Verdampfer 240 zum Verdichter 210 strömende Kältemittel insbesondere weiter überhitzt.

[0056] Dieses überhitzte Kältemittel, welches mit einer Überhitzungstemperatur T_{ke} aus dem Rekuperator 250 austritt, wird zum Kältemittelintrittsanschluss 211 des Verdichters 210 geleitet.

[0057] Der Rekuperator 250 ist im Dampfkompresseurkreis 200 eingesetzt, um den Gesamt - Wirkungsgrad als Quotient aus abgegebener Heizleistung Q_H und aufgenommener elektrischer Leistung P_e zum Antrieb des Verdichtermotors zu erhöhen.

[0058] Zu diesem Zweck wird dem Kältemittel, welches im Verflüssiger 220 Wärmeenergie Q_H auf einem wärmesenkenseitigen Temperaturniveau an das Heizmedium abgibt, im Hochdruckpfad des Rekuperators 250 durch Unterkühlung weitere Wärmeenergie Q_i entzogen.

[0059] Der innere Energiezustand des Kältemittels beim Eintritt in den Verdampfer 240 ist durch diesen Wärmeentzug Q_i reduziert, sodass das Kältemittel bei gleichem Verdampfungs-temperaturniveau mehr Wärmeenergie Q_Q aus der Wärmequelle 300 aufnehmen kann.

[0060] Anschließend wird dem Kältemittel, nach dem Verdampferaustritt 242 aus dem Verdampfer 240, im Niederdruckpfad bei Niederdruck ND und bei einer Niederdrucktemperatur T_{va} entsprechend einer Verdampferaustrittstemperatur im Rekuperator 250 die im Hochdruckpfad entzogene Wärmeenergie Q_i wieder zugeführt. Die Zuführung der Energie bewirkt vorteilhaft eine Reduzierung des Nassdampfanteils auf einen Zustand ohne Nassdampfanteil und dann erfolgt durch weitere

Energiezuführung eine Überhitzung.

[0061] Des Weiteren sind zur Erfassung des Betriebszustandes des Dampfkompensionssystems 200 vorteilhaft folgende Sensoren angeordnet, mit denen insbesondere zur Absicherung und Optimierung der Betriebsbedingungen des Dampfkompensionssystems 200 insbesondere bei Betriebszustandsänderungen eine modellbasierte Vorsteuerung umgesetzt ist.

[0062] Einerseits erfolgt vorteilhaft mit Hilfe der durch Sensoren erfassten Prozesswerte eine Absicherungen bezüglich zulässiger Arbeitsbereiche der Komponenten wie insbesondere dem Verdichter 210, andererseits erfolgen basierend auf den Sensordaten modellbasierte Vorsteuerungen insbesondere einer Drehzahl des Verdichters 210 und/oder einem Ventilöffnungsgrad des Expansionsventils, so dass die Regler zur Ausregelung einer sich dennoch, durch die Vorsteuerung aber kleineren, Regelabweichung nur noch kleinere Korrekturen durchführen muss:

- Ein Hochdrucksensor 503 vorteilhaft zur Erfassung des Hochdrucks HD des Kältemittels am Verdichteraustritt 212 oder zwischen dem Verdichteraustritt 212 und dem Expansionsventileintritt 231,
- ein Heißgastemperatursensor 504 vorteilhaft zur Erfassung einer Heißgastemperatur T_{HG} des Kältemittels am Verdichteraustritt 212, oder im Kältekreisabschnitt zwischen dem Verdichteraustritt 212 und dem Verflüssigereintritt 221,
- ein Innentemperatursensor 506 vorteilhaft zur Erfassung der Innentemperatur T_{ie} des Kältemittels zwischen dem hochdruckseitigem internen Rekuperatorauslass 252 des Kältemittels aus dem Rekuperator 250 und dem Expansionsventileintritt 231. Die Innentemperatur ist vorteilhaft auch als "Rekuperatoraustrittstemperatur Hochdruckpfad" benannt und
- vorteilhaft ein Rekuperatorinnentemperatursensor 505. Der Rekuperatorinnentemperatursensor 505 erfasst vorteilhaft Verflüssigeraustrittstemperatur T_{FA} des Kältemittel in der Strömungsrichtung am Verflüssigeraustritt oder dem hochdruckseitigen Rekuperatoreintritt und daher wird vorteilhaft die Verflüssigeraustrittstemperatur T_{FA} vom Rekuperatorinnentemperatursensor 505 gemessen.

[0063] Die folgenden Sensoren sind insbesondere für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorteilhaft:

- Ein Niederdrucksensor 502 zur Erfassung des Niederdrucks ND des Kältemittels am Verdichtereintritt 211, oder zwischen dem Expansionsventil 230 und dem Verdichtereintritt 211,
- ein Verdampferaustrittstemperatursensor 508 zur

Erfassung der Verdampferaustrittstemperatur T_{Va} des Kältemittels am Verdampferaustritt 242 oder zwischen dem Verdampferaustritt 242 und dem niederdruckseitigen Eintritt des Kältemittels in den Rekuperatoreinlass 251 des Rekuperators 250 und

- ein Niederdrucktemperatursensor 501 misst vorteilhaft eine Verdichtereintrittstemperatur oder dient vorteilhaft zur Erfassung der Kältemittelniederdrucktemperatur T_{ND} oder vorteilhaft einer Verdichtereintrittstemperatur T_{KE} am Verdichtereintritt 211, oder zwischen dem niederdruckseitigem Rekuperatorauslass 252 des Kältemittels aus dem Rekuperator 250 und dem Verdichtereintritt 211.

[0064] Die Prozessgröße, welche einen maßgeblichen Einfluss auf den Gesamt - Wirkungsgrad des Dampfkompensionskreises 200 als Quotient zwischen der vom Dampfkompensionskreis 200 übertragenen Heizleistung Q_H zu einer vom Verdichter 210 aufgenommenen elektrischen Leistung P_e hat, ist die Überhitzung des Kältemittels am Verdichtereintritt 211. Zur Einhaltung zulässiger Verdichter - Betriebsbedingungen werden vorteilhaft allerdings Beschränkungen bezüglich des erlaubten Überhitzungsbereiches des Kältemittels am Verdichtereintritt eingehalten. Zu niedrige Überhitzungen gefährden insbesondere die Schmiereigenschaften des Maschinenöls, zu hohe Überhitzungen bewirken insbesondere eine zu hohe Heißgastemperatur.

[0065] Die Überhitzung beschreibt die Temperaturdifferenz zwischen der erfassten Verdichtereintrittstemperatur T_{KE} des Kältemittels und der Verdampfungstemperatur des Kältemittels bei gesättigtem Dampf.

[0066] Erfindungsgemäß wird vorzugsweise die Verdichtereintrittsüberhitzung derart geregelt, dass kein Kondensat durch Taupunktunterschreitung des in der Umgebungsluft enthaltenden Wasserdampfanteils an Komponenten des Kältekreises insbesondere im Abschnitt zwischen Kältemittelaustritt des Rekuperators 252 und Verdichtereintritt 211 ausfällt. Der Kältekreisabschnitt zwischen Verdampferaustritt 242 und Rekuperatoreintritt 251 ist zwar üblicherweise kälter, weil dieser typischerweise nur ein kurzer Rohrabchnitt ist, ist eine bessere Isolierung im Vergleich zu dem Abschnitt zwischen Kältemittelaustritt des Rekuperators 252 und Verdichtereintritt 211 möglich. Beispielsweise sitzt an der Stelle des Verdichtereintritts 211 am Verdichter der Kältemittelabscheider, der geschützt werden soll. Dieser kann schlecht eingehaust werden, so dass hier die Temperatur so hochgehalten werden soll, dass nichts kondensiert. Die Problematik der Kondensation tritt auf der Hochdruckseite im Regelfall nicht auf. Auch die Passage zwischen hochdruckseitigem Rekuperatoraustritt 252 und Eintritt in das Expansionsventil 231 kühlt regelmäßig in Abhängigkeit des Betriebspunktes bei idealen Wärmeübertragungsbedingungen im Rekuperator 250 auf das Temperaturniveau des Kältemittels am Verdampferaustritt 242 ab. Da aber auch diese Passage typischerweise

kurz ist und man kann sie sehr gut isolieren kann, ist auch dieser Abschnitt im Regelfall nicht problematisch. Es sollte jedoch beachtet werden, dass das erfindungsgemäße Verfahren einen Kondensatabfall grundsätzlich über den gesamten Kreislauf der Wärmepumpe verhindern kann.

[0067] Wenn - zum Zwecke eines Zahlenbeispiels - ein Verdampfungstemperaturniveau von ca. -10°C angenommen wird und die Temperatur am Soleeintritt 330 bei etwa -10°C , am Soleaustritt 310 etwa -13°C und am Verdichtereintritt 5°C beträgt, beträgt die Überhitzung 15K.

[0068] Vorteilhaft sind bei vielen Anlagen Raumtemperatursensor und Raumfeuchtesensor, die eine genaue Bestimmung der Auskondensierungsbedingungen der Luft ermöglicht, bspw. liegt bei 21°C und 60% rel. Feuchte die Kondensationstemperatur im Bereich von 13°C . Unter diesen Bedingungen findet also, so lange die Rohrtemperatur über 13°C zuzüglich gegebenenfalls einen Puffer, bspw. 1K, keine Kondensation statt.

[0069] An dem selbstverständlich nicht einschränken den Zahlenbeispiel festgehalten wird nun die Erzielung einer Überhitzung von 15K bei einer Verdichtereintrittstemperatur von 5°C erreicht. Diese Temperatur liegt unter den 13°C , die für die aktuellen Umgebungsbedingungen als Kondensationstemperatur des in der Umgebungsluft befindlichen Wasserdampfanteils bestimmt ist. Demnach findet Kondensation statt. Soll die Verdichtereintrittstemperatur wenigstens 14°C , d.h. Kondensationstemperatur plus Puffer, betragen, muss die Überhitzung um 9K größer werden, d.h. eine Überhitzung von 24K eingehalten werden.

[0070] Grenzwerte, insbesondere für die Überhitzung, legen arbeitspunktabhängig den zulässigen Überhitzungsbereich der Komponenten am Verdichtereintritt 211 fest. Weiterhin bestehen aber auch Abhängigkeiten zwischen der Verdichtereintrittsüberhitzung $dT_{\dot{U}E}$ und dem Gesamtwirkungsgrad des Dampfkomppressionskreises 200 oder auch zwischen Verdichtereintrittsüberhitzung $dT_{\dot{U}E}$ und einer Stabilität S eines Regelwertes R vorteilhaft bei der Ausregelung der Verdichtereintrittsüberhitzung.

[0071] Zur Berücksichtigung all dieser Anforderungen werden vorteilhaft in Abhängigkeit des Arbeitspunktes des Dampfkomppressionskreises 200, die Wärmequellenmedientemperatur, die Heizmediumtemperatur, die Verdichterleistung P_e und Zielwerte Z oder der Zielwert Z für eine Berechnung der Verdichtereintrittsüberhitzung $dT_{\dot{U}E}$ herangezogen. Alternativ oder zusätzlich kann aus den vom Arbeitspunkt abhängigen Kältekreis-Messgrößen wie Wärmequellenmedientemperatur, Heizmediumtemperatur, Verdichterleistung P_e und parametrierbaren, also an das Verhalten der jeweiligen Kältekreis-komponenten angepasste Koeffizienten eine Berechnung des Zielwertes Z als Vorgabewert für die Verdichtereintrittsüberhitzung $dT_{\dot{U}E}$ durchgeführt werden. Im einfachsten Fall ist der Zielwert für die Verdichtereintrittsüberhitzung $dT_{\dot{U}E}$ unabhängig von allen Betriebsbedingungen konstant, z.B. 10 Kelvin. Bei einer komplexeren Anpassung

wird er als Funktion einer Arbeitspunktgröße, z.B. der Verdichterleistung P_e variiert oder bei noch komplexerer Anpassung variiert er als Funktion mehrerer Arbeitspunktgrößen.

[0072] Es wird eine Regelabweichung der Verdichtereintrittsüberhitzung $dT_{\dot{U}E}$ und eine Regelabweichung der Verdampferaustrittsüberhitzung $dT_{\dot{U}A}$ miteinander gewichtet kombiniert, woraus im Regler 500 eine Gesamtregelabweichung berechnet wird, welche zur Regelung des Dampfkomppressionskreises 200 eingespeist wird. Vorteilhaft präziser werden zunächst die Regelabweichungen von der Verdichtereintrittsüberhitzung $dT_{\dot{U}E}$ und Verdampferaustrittsüberhitzung $dT_{\dot{U}A}$ durch die Bildung der Differenzen zwischen den jeweiligen Messwerten und Zielwerten gebildet.

- Regelabweichung der Verdichtereintrittsüberhitzung $dT_{\dot{U}E} = \text{Messwert Verdichtereintrittsüberhitzung} - \text{Zielwert Verdichtereintrittsüberhitzung } Z_{T\dot{U}E}$
- Regelabweichung der Verdampferaustrittsüberhitzung $dT_{\dot{U}A} = \text{Messwert Verdampferaustrittsüberhitzung} - \text{Zielwert Verdampferaustrittsüberhitzung } Z_{T\dot{U}A}$

[0073] Dann wird vorteilhaft aus dem gewichteten Einfluss von der Regelabweichung der Verdichtereintrittsüberhitzung $dT_{\dot{U}E}$ und dem gewichteten Einfluss der Regelabweichung der Verdampferaustrittsüberhitzung $dT_{\dot{U}A}$ im Regler 500 die Gesamtregelabweichung berechnet, welche zur Regelung des Dampfkomppressionskreises 200 eingespeist wird.

[0074] Beim Dampfkomppressionskreis 200 passiert das Kältemittel nach der Entspannung durch das Expansionsventil 230 zwei sequentiell angeordnete Wärmeübertrager, den Verdampfer 240 und den Rekuperator 250 in welchen dem Kältemittel Wärmeenergie Q_Q und Q_i zugeführt wird.

[0075] Im Verdampfer 250 wird dem Kältemittel Quellwärmeenergie Q_Q aus dem Wärmequellsystem 300 zugeführt. Das Temperaturniveau der zugeführten Quellwärme Q_Q ist auf einem Temperaturniveau der Wärmequelle, insbesondere wie des Erdreiches oder der Außenluft.

[0076] In dem in Kältemittel Hochdruck-Strömungsrichtung S_{HD} nachfolgenden Rekuperator 250 wird dem Kältemittel Wärmeenergie Q_i nach Verlassen des Verflüssigers 220 entzogen. Das Temperaturniveau des Kältemittels am Austritt des Verflüssigers stellt sich in etwa auf Höhe der Rücklauftemperatur des Heizmediums ein.

[0077] Diese Verschaltung des Verdampfers 240 mit dem Rekuperator 250 in Reihe hat einen entscheidenden Einfluss auf die Übertragungsfunktion der Regelstrecke für die Regelung Verdichtereintrittsüberhitzung $dT_{\dot{U}E}$.

[0078] Der Regelwert R ist vorteilhaft die gewichtete Verknüpfung der Regelabweichung der Verdichtereintrittsüberhitzung $dT_{\dot{U}E}$ mit der Regelabweichung der Verdampferaustrittsüberhitzung.

[0079] Aktor-Betriebszustandsgrößen mit einem Einfluss auf den Regelwert R, insbesondere der Verdichtereintrittsüberhitzung dT_{UE} , sind im betreffenden Dampfkomppressionskreis 200 die Verdichterdrehzahl und/oder den Öffnungsgrad des Expansionsventils 230, womit auch vorteilhaft der Niederdruck ND und das Verdampfungstemperaturniveau bestimmt sind.

[0080] Besonders vorteilhaft haben Aktoren Einfluss auf den Regelwert R, insbesondere auf die gewichtete Verknüpfung der Regelabweichung der Verdichtereintrittsüberhitzung mit der Regelabweichung der Verdampferaustrittsüberhitzung. Im betreffenden Dampfkomppressionskreis 200 sind insbesondere der Verdichter 210 durch die Variation der Verdichterdrehzahl und das Expansionsventil 230 durch Beeinflussung des Öffnungsgrades solche Aktoren. Diese beiden Aktoren beeinflussen den Niederdruck ND und das Verdampfungstemperaturniveau.

[0081] Hierbei sind nicht alle Einflüsse gewünscht. So verändert beispielsweise vorteilhaft eine Änderung der Verdichterdrehzahl zur Einregelung der gewünschten Heizleistung ohne weitere kompensatorische Änderungen des Öffnungsgrades des Expansionsventils den Regelwert R in unerwünschte Bereiche, sodass eine mit der Verdichterdrehzahländerung einhergehende modellbasiert unterstützte Öffnungsgradänderung des Expansionsventils zur Einregelung von R vorteilhaft, gegebenenfalls sogar erforderlich ist.

[0082] Vorteilhaft wird im Dampfkomppressionskreis 200 die Verdichterdrehzahl so eingestellt, dass die vom Dampfkomppressionskreis 200 an das Heizmedium übertragene Heizleistung QH dem angeforderten Zielwert Z entspricht. Zur Einhaltung dieser Vorgabe ist eine Beeinflussung der Verdichterdrehzahl zur Regelung der Verdichtereintrittsüberhitzung dT_{UE} vorteilhaft untergeordnet oder nicht angebracht.

[0083] Vorteilhaft wird der Öffnungsgrad des Expansionsventils 230 als Stellwert für die Regelung der Verdichtereintrittsüberhitzung dT_{UE} verwendet. Der Einfluss des Öffnungsgrades des Expansionsventils 230 auf die Verdichtereintrittsüberhitzung dT_{UE} vollzieht sich wie folgt:

[0084] Das Expansionsventil 230 agiert als Düse mit elektromotorisch verstellbarem Düsenquerschnitt, bei welchem üblicherweise mittels eines Schrittmotor eine nadelförmige Düsennadel per Gewinde in einen Düsenstutzen gefahren wird.

[0085] Der Kältemitteldurchsatz durch das Expansionsventil ist bei Betrieb mit flüssigem Kältemittel am Expansionsventileintritt 231 in etwa proportional zur Quadratwurzel des Druckunterschiedes zwischen dem Expansionsventileintritt 231 und -austritt 232 multipliziert mit einem aktuellen relativen Wert des Düsenquerschnitts oder Öffnungsgrades und vorteilhaft einer vom Kältemittel- und einer Geometrie des Expansionsventils 230 abhängigen Konstante.

[0086] Da bei einer in einem Arbeitspunkt mit einer als konstant angenommenen Verdichterdrehzahl und einer

als konstant angenommenen Heizmediumtemperatur T_{ws} auch der korrespondierende Hochdruck HD des Kältemittels beim Eintritt in das Expansionsventil 230 als konstant angenommen werden kann, beeinflusst der Öffnungsgrad des Expansionsventils 230 maßgeblich nur den Niederdruck ND, also des Austrittsdruck aus dem Expansionsventil 230.

[0087] Wird der Öffnungsgrad des Expansionsventils 230 verringert, so passiert weniger Kältemittel bei konstantem Hochdruck HD und zunächst noch konstantem Niederdruck ND das Expansionsventil 230. Da der Verdichter 210 aber weiterhin zunächst den gleichen Kältemittelmassenstrom fördert, wird in Hochdruck-Strömungsrichtung S_{HD} durch das Expansionsventil 230 weniger Kältemittel zugeführt, als vom Verdichter 210 abgesaugt wird.

[0088] Da es sich bei Kältemitteldampf um ein kompressibles Medium handelt, sinkt dann der Niederdruck ND auf der Niederdruckseite des Dampfkomppressionskreises 200. Bei sinkendem Niederdruck ND sinkt in etwa proportional der Massenstrom von Kältemittel durch den Verdichter 210, da dessen Förderleistung sich annähert als Rauminhalt / Zeit beschreiben lässt, bedingt durch insbesondere die Kolbenhöhe, und es stellt sich ein entsprechend reduzierter Niederdruckwert ND ein, bei welchem der durch das Expansionsventil 230 zugeführte Kältemittelmassenstrom gleich dem vom Verdichter 210 abgeführten Kältemittelmassenstrom ist.

[0089] Wird der Öffnungsgrad des Expansionsventils 230 vergrößert, so passiert mehr Kältemittel bei konstantem Hochdruck HD und zunächst noch konstantem Niederdruck ND das Expansionsventil 230. Da der Verdichter 210 aber weiterhin zunächst den gleichen Kältemittelmassenstrom fördert, wird der Niederdruckseite ND des Kältekreises durch das Expansionsventil 230 mehr Kältemittel zugeführt, als vom Verdichter 210 abgesaugt wird. Da es sich beim Kältemitteldampf um ein kompressibles Medium handelt, steigt der Niederdruck ND auf der Niederdruckseite des Dampfkomppressionskreises 200. Bei steigendem Niederdruck ND steigt die Massenstromförderleistung des Verdichters 210 in etwa proportional, da dessen Förderleistung sich annähert als Rauminhalt / Zeit beschreiben lässt, und es stellt sich ein entsprechend erhöhter Niederdruck ND ein, bei welchem der durch das Expansionsventil 230 zugeführte Kältemittelmassenstrom gleich dem vom Verdichter 210 abgeführten Kältemittelmassenstrom ist.

[0090] Der Niederdruck ND wiederum beeinflusst maßgeblich die Wärmeübertragung zwischen Wärmequellenmedium und Kältemittel im Verdampfer 240. Der Wärmestrom Q_Q aus dem Wärmequellenmedium 300 wird zwischen dem Wärmequellenmedium und dem Kältemittel mit unterschiedlicher Temperatur übertragen, wobei der Wärmestrom Q_Q dabei abhängig vom der Temperaturdifferenz zwischen dem Wärmequellenmedium und dem Kältemittel und dem Wärmeübergangswiderstand einer Wärmeübertragungsschicht des Verdampfers 240 ist.

[0091] Der Wärmeübergangswiderstand zwischen

Wärmequellenmedienpfad des Verdampfers und Kältemittelpfad des Verdampfers ist in einem jeweiligen Dampfkomppressionskreis 200 als in etwa konstant anzunehmen. Daher ist die Größe der Wärmeübertragungsleistung im Verdampfer 240 maßgeblich abhängig vom Integral der Temperaturdifferenzen aller Flächenelemente der Wärmeübertragungsschicht.

[0092] Um ein hinreichendes Maß von Wärmeenergie Q_Q vom Wärmequellesystem 300 an das Kältemittel übertragen zu können, muss sichergestellt sein, dass die Temperatur des Wärmequellenmediums in möglichst allen Flächenelementen der Übertragungsschicht des Wärmeübertragers, hier des Verdampfers 240, größer ist als die Temperatur des Kältemittels am jeweiligen Flächenelement ist.

[0093] Ist der Aggregatzustand des Kältemittels beim Durchströmen des Verdampfers 240 gesättigter Dampf, so stellt sich eine Kältemitteltemperatur ein, welche durch die Sättigungsdampfkenlinie als Stoffeigenschaft des Kältemittels eine Funktion des Niederdrucks ND des Kältemittels ist. Somit lässt sich durch eine Steuerung des Niederdruckes ND oder auch eines Verdampfungsdruckes indirekt eine Steuerung der Verdampfungstemperatur des Kältemittels beim Durchströmen des Rekuperators 250 steuern.

[0094] Die Wärmeenergie Q_Q , welche vom Wärmequellesystem an das den Verdampfer 240 durchströmende Kältemittel übertragen wird, bewirkt eine Aggregatzustandsbeeinflussung des Kältemittels.

[0095] Der Nassdampfanteil im gesättigten Kältemitteldampf nimmt bei konstantem Niederdruck bei Wärmeübertragung an das Kältemittel ab. Bei einer unvollständigen Verdampfung ist der Nassdampfanteil und damit auch der innere Energiezustand des Kältemittels beim Austritt aus dem Wärmeübertrager eine Funktion vom:

- Nassdampfanteil bei Eintritt in den Verdampfer 240,
- Kältemittelmassenstrom,
- Übertragener Wärmeleistung Q_Q , und von einer
- Enthalpiedifferenz im Nassdampfgebiet beim jeweiligen Niederdruck ND, welche das Kältemittel als eine zugeordnete Funktion des Drucks aufweist.

[0096] Zur vollständigen Verdampfung erfolgt eine zusätzliche Energiezuführung im Rekuperator 250, um das Kältemittel über den Zustand gesättigten Dampfes hinaus zu überhitzen.

[0097] Mit dem Verfahren wird bei gegebenen Betriebsbedingungen des Dampfkomppressionskreises 200 in Abhängigkeit der Stellgröße "Öffnungsgrad Expansionsventil 230" ein korrespondierender Kältemittelzustand beim Austritt aus dem Verdampfers 240 eingestellt.

[0098] Im eingeschwungenen Zustand ergibt sich hinsichtlich einer Regelstreckensteilheit der "isolierten" Regelstrecke "Verdampfer 240" ein Regelstreckenverhalten

mit moderater Steilheit. Das Regelstreckenverhalten ist insbesondere gekennzeichnet durch Regelstreckenausgangswertes Verdampferaustrittsüberhitzung als Funktion des Regelstreckeneingangswertes Expansionsventilöffnungsgrad.

[0099] Vorteilhaft wird ein Kältemittel, insbesondere als Kältemittel ein Kältemittelgemisch verwendet, welches einen "Temperaturglide" aufweist, insbesondere wird vorteilhaft R454C verwendet. Vorteilhaft wird bei einem Kältemittelgemisch mit einem Temperaturglide, sich bei einer relativen Öffnungsgradänderung des Stellorgans Expansionsventil von 1 % rel. am Austritt des Kältemittels aus dem Verdampfer üblicherweise eine Überhitzungsänderung von etwa kleiner 1 K eingestellt.

[0100] Die Einstellung dieses Zustandes erfolgt vorteilhaft auch durch eine regelungstechnische Beeinflussung wenigstens einer oder mehrerer der verschiedenen folgenden Zeitkonstanten; die letztendlich die Prozessgröße Kältemittelüberhitzung am Verdampferaustritt 242 beeinflussen:

- Eine erste Zeitkonstante bewirkt vorteilhaft eine Verzögerung der mechanischen Öffnungsgradänderung des Expansionsventils 230 durch die Begrenzung der Verfahrensgeschwindigkeit durch den Regler 500, der Regelwert R wird in dieser ersten Zeitkonstante Z in der Verfahrensgeschwindigkeit durch einen Bremswert reduziert. Der Bremswert kann beispielsweise die reglertechnische Zykluszeit, in welcher ein Verfahrensschritt des Expansionsventils 230 gesteuert wird, umfassen.
- Eine zweite Zeitkonstante wirkt durch den Regler 500 vorgegeben vorteilhaft auf eine verzögerte Einstellung eines korrespondierenden Niederdruckes bei Öffnungsgradänderungen des Expansionsventils 230 aufgrund der Kompressibilität des Kältemitteldampfes bei Niederdruck ND im Niederdruckpfad.
- Eine dritte Zeitkonstante ist vorteilhaft eine thermische Zeitkonstante der Wärmeübertragungsschicht des Verdampfers 240, wobei eine Änderung des Verdampfungsdruckes und damit der Verdampfungstemperatur eine verzögerte Temperaturänderung der Wärmeübertragungsschicht des Verdampfers, welcher oft mehrere Kilogramm Metall hat und des Wärmequellenmediums.
- Eine vierte Zeitkonstante ergibt sich vorteilhaft aus verzögerten Aggregatzustandsänderungen des Kältemittels bei Verdampfungstemperaturänderungen.
- Eine fünfte Zeitkonstante ergibt sich vorteilhaft aus dem Transport des Kältemittels durch den Verdampfer 240 mit einer endlichen Strömungsgeschwindigkeit.

[0101] Es stellt sich also vorteilhaft nach Änderung der

Stellgröße "Öffnungsgrad des Expansionsventils 230" eine Verzögerung der korrespondierenden Kältemittelzustandsänderung beim Austritt aus dem Verdampferaustritt 242 ein und eine Gesamtzeitkonstante Z_{ges} liegt arbeitspunktabhängig vorteilhaft im Bereich von 30 Sekunden bis etwa 5 Minuten.

[0102] Nach Durchströmung des Verdampfers 240 tritt das Kältemittel bei Niederdruck ND in den Niederdruckpfad des Rekuperators 250 ein.

[0103] Der Aggregatzustand des Kältemittels beim Einströmen in den Rekuperators 250 ist in einem üblichen Betriebsfall, also vorteilhaft entweder gesättigter Dampf mit einem geringem Dampfanteil zwischen 0 bis 20 % oder insbesondere auch vorteilhaft auch bereits überhitztes Kältemittel.

[0104] Bei vorteilhaft gesättigtem Dampf stellt sich eine Kältemitteltemperatur ein, welche durch die Sättigungsdampfdruckkennlinie des Kältemittels eine Funktion des Kältemitteldruckes ist. Bei Eintritt von überhitztem Kältemittel wird die Kältemitteltemperatur maximal eine Größe annehmen, welche der Eintrittstemperatur des Wärmequellenmediums entspricht. In diesem Fall entspricht die Größe vorzugsweise der Eintrittstemperatur des Kältemittels in den Hochdruckpfad des Rekuperators 250, also die Temperatur des Kältemittels nach Austritt aus dem Verflüssiger 220.

[0105] Um ein hinreichendes Maß von Wärmeenergie vom Kältemittel des hochdruckseitigen Kältemittelpfad an das Kältemittel des niederdruckseitigen Kältemittelpfad im Rekuperator 250 übertragen zu können, muss sichergestellt sein, dass die Temperatur des Kältemittels des hochdruckseitigen Kältemittelpfades auf Hochdruck HD in möglichst allen Flächenelementen der Übertragungsschicht des Rekuperators 250 größer als die Temperatur des Kältemittels des niederdruckseitigen Kältemittelpfades bei Niederdruck ND am jeweiligen Flächenelement ist.

[0106] Die korrespondierenden Temperaturen des Heizsystems 400 des Dampfkompensionssystems 200 sind in einem Heizfall höher als die korrespondierenden Temperaturen der Wärmequelle wie dem Erdbreich oder der Außenluft.

[0107] Die Wärmeenergie Q_i , welche vom Kältemittel bei Hochdruck HD des hochdruckseitigen Kältemittelpfades an das Kältemittel bei Niederdruck im niederdruckseitigen Kältemittelpfad des Rekuperators 250 übertragen wird, bewirkt eine Aggregatzustandsbeeinflussung des Kältemittels auf der Niederdruckseite. Der Nassdampfanteil des den Rekuperator 250 niederdruckseitig bei Niederdruck ND durchströmenden Kältemittels nimmt bei einer Wärmeübertragung an das Kältemittel ab und nach einer vollständigen Verdampfung erfolgt vorteilhaft eine Überhitzung des Kältemittels.

[0108] Der innere Energiezustand des Kältemittels, beim Austritt aus dem niederdruckseitigen Pfad des Rekuperators, wird vorteilhaft abhängig von einem oder mehreren der folgenden Faktoren beeinflusst. Hierbei sollte beachtet werden, dass die Energiezustandsände-

rung ausschließlich auf physikalischen Abhängigkeiten beruht, wobei der Regler die Steuerung der Aktoren beeinflusst, was dann natürlich auch die physikalischen Größen wie den Kältemittelmassenstrom beeinflusst:

- Nassdampfanteil bei Eintritt in den Rekuperator 250,
- Kältemittelmassenstrom,
- übertragene Wärmeleistung Q_i , womit vorteilhaft abhängig von der Temperaturdifferenz zwischen der Temperatur des Kältemittels bei Hochdruck HD im hochdruckseitigen Kältemittelpfad und der Temperatur des Kältemittels des niederdruckseitigen Kältemittelpfades bei Niederdruck ND geregelt wird, und/oder
- eine Enthalpiedifferenz im Nassdampfgebiet beim jeweiligen Niederdruck ND.

[0109] Vorteilhaft wird somit bewirkt, dass sich in Abhängigkeit der gegebenen Betriebsbedingungen des Dampfkompensionskreises 200 sowie in Abhängigkeit der Stellgröße "Öffnungsgrad Expansionsventil 230" ein korrespondierender Kältemittelzustand beim Austritt 252 aus dem Rekuperator 250 bei Niederdruck ND einstellt.

[0110] Im eingeschwungenen Zustand ergibt sich hinsichtlich Regelstreckensteilheit der "isolierten" Regelstrecke beim Niederdruck ND des Kältemittels im niederdruckseitigen Pfad des Rekuperators 250 ein Regelstreckenverhalten mit hoher Steilheit, bei in etwa gleichbleibendem inneren Energiezustand des Kältemittels beim Eintritt 251 in den niederdruckseitigen ND Pfad des Rekuperators 250. Mit einer insbesondere relativen Öffnungsgradänderung des Expansionsventil von 1 % wird eine Überhitzungsänderung am Austritt des Kältemittels aus dem Verdampfer 230 von vorteilhaft etwa 10 K oder auch über 10 K eingestellt.

[0111] Gegenüber dem Rekuperator 250 erfolgt vorteilhaft eine wesentlich höhere Wärmeübertragung im Verdampfer 240 zwischen dem Quellmedium und dem Kältemittel im Verdampfer 240.

[0112] So wird im Verdampfer 240 eine wesentlich höhere Wärmeübertragung als im Rekuperator 250 eingestellt, da der Umgebung mittels Verdampfer 240 eine wesentlich größere Energie entzogen werden soll, als sie nur im Rekuperator 250 innerhalb des Kältekreises zu übertragen. Die treibende Temperaturdifferenz beträgt beispielsweise im Rekuperator zwischen 20 K bis 60 K, während diese im Verdampfer lediglich zwischen 3 K bis 10 K beträgt. Um die gewünschten Energien trotz unterschiedlicher treibender Temperaturdifferenzen übertragen zu können, wird beispielsweise die Austauschfläche des Verdampfers ca. 5 bis 20 mal größer ausgelegt als die des Rekuperators 250.

[0113] Die Einstellung dieses Zustandes erfolgt hierbei vorteilhaft unter Verwendung wenigstens einer der folgenden Zeitkonstanten Z:

- Mit einer elften Zeitkonstante Z_{11} wird vorteilhaft eine Verzögerung der mechanischen Öffnungsgradänderung des Expansionsventils 230 durch die Begrenzung einer Verfahrensgeschwindigkeit vorgegeben.
- Eine zwölfte Zeitkonstante Z_{12} wirkt vorteilhaft auf die verzögerte Einstellung eines korrespondierenden Niederdruckes ND bei Öffnungsgradänderungen des Expansionsventils 230 aufgrund der Kompressibilität des Kältemitteldampfes im Niederdruckpfad ND.
- Eine 13. Zeitkonstante Z_{13} ist eine thermische Zeitkonstante der Wärmeübertragungsschicht des Verdampfers. Somit bewirkt eine Änderung des Verdampfungsdruckes und damit der Verdampfungstemperatur eine verzögerte Temperaturänderung der Wärmeübertragungsschicht, welche oft mehrere Kilogramm Metall beinhaltet, und des Kältemittels im Niederdruckpfad des Verdampfers 240.
- Eine 14. Zeitkonstante Z_{14} wird vorteilhaft aus verzögerten Aggregatzustandsänderungen des Kältemittels bei Verdampfungstemperaturänderungen ermittelt oder vorgegeben.
- Eine 15. Zeitkonstante Z_{15} ergibt sich vorteilhaft aus dem Transport des Kältemittels durch den Verdampfer 240 mit einer endlichen Strömungsgeschwindigkeit und wird berücksichtigt.

[0114] Der niederdruckseitige Kältemittelpfad des Rekuperators 250 wird aus dem Verdampferaustritt 242 des Verdampfers 240 gespeist. Der innere Energiezustand des Kältemittels wird auch hier bereits durch zumindest zwei Zeitkonstanten Z , Z_{11} , Z_{12} , Z_{13} , Z_{14} , Z_{15} , Z_{ges} nach Änderung der Stellgröße "Öffnungsgrad Expansionsventil" verzögert.

[0115] Nach Änderung der Stellgröße "Öffnungsgrad Expansionsventil 230" stellt sich dann eine weitere Verzögerung der korrespondierenden Kältemittelzustandsänderung durch das Zeitverhalten des Rekuperators 250 beim Austritt aus dem niederdruckseitigen Kältemittelpfad des Rekuperators 250 ein.

[0116] Das Zeitverhalten des Rekuperators 250 lässt sich vorteilhaft als Rekuperatorgesamt - Zeitkonstante Z_{ges} abhängig vom jeweiligen Arbeitspunkt des Dampfkomppressionskreises im Bereich zwischen in etwa 1 Minuten bis 30 Minuten berücksichtigen.

[0117] Es erfolgt vorteilhaft eine gewichtete Kombination Verdichtereintrittsüberhitzung dT_{UE} und der Verdampferaustrittsüberhitzung dT_{UA} , indem insbesondere mittels einer gewichteten Kombination der Regelabweichung der Verdichterüberhitzung und der Regelabweichung der Verdampferaustrittsüberhitzung dT_{UA} die Gesamtregelabweichung berechnet wird, welche im Regler 500 zur Regelung des Dampfkomppressionskreises 200

eingespeist wird.

[0118] Die Verdichtereintrittsüberhitzung dT_{UE} wird vorteilhaft als Haupt - Regelgröße verwendet und die korrespondierenden Signalflüsse und Signalverarbeitungen erfolgt insbesondere in den folgenden Verfahrensschritten:

Schritt 1: Zunächst werden die Prozessgrößen Verdichtereintrittsüberhitzung dT_{UE} vorteilhaft als Hauptregelgröße und die Verdampferaustrittsüberhitzung dT_{UA} vorteilhaft als Hilfsgröße in einem ersten Verfahrensschritt messtechnisch erfasst.

[0119] Dazu wird jeweils eine Verdampfungstemperatur des Kältemittels am jeweiligen Erfassungspunkt entweder

- direkt messtechnisch ermittelt, mit einem Temperatursensor, welcher so positioniert ist, dass er eine der Kältemitteltemperatur im Nassdampfgebiet entsprechende Temperatur erfasst oder
- indirekt messtechnisch ermittelt, mit einem Drucksensor, welcher einen Kältemitteldruck des im Nassdampfgebiet verdampfenden Kältemittels erfasst und aus der kältemittelspezifischen Abhängigkeit zwischen Druck und Temperatur im Nassdampfgebiet dann die Verdampfungstemperatur berechnet wird.

[0120] Des Weiteren wird am jeweiligen dem Überhitzungsmesspunkt, insbesondere am Verdampferaustritt 242 und/oder am Verdichtereintritt 211 zugeordneten Temperaturen der Kältemitteltemperatur mittels Temperatursensoren 501, 508 erfasst. Es wird dann die Temperaturdifferenz des Kältemittels am jeweiligen Messpunkt und der Verdampfungstemperatur berechnet und dieser Temperaturdifferenzwert entspricht dann der jeweiligen Überhitzung des Kältemittels am Messpunkt.

[0121] Ausgangsgrößen der Berechnung in Schritt 1 sind dann die Verdichtereintrittsüberhitzung dT_{UE} und die Verdampferaustrittsüberhitzung dT_{UA} .

[0122] Schritt 2: Die Prozessgrößen Verdichtereintrittsüberhitzung dT_{UE} und Verdampferaustrittsüberhitzung dT_{UA} werden zur Bildung zugeordneter Regelabweichungen mit jeweils zugeordneten Sollwerten in einem zweiten Schritt vorteilhaft verrechnet:

Der Sollwert für die Verdichtereintrittsüberhitzung dT_{UE} am Verdampferaustritt 242 wird vorteilhaft zur Sicherstellung des zulässigen Verdichtersbetriebsbereiches und eines möglichst hohen Wirkungsgrades des Kältekreis im Bereich zwischen ca. 5 K bis 20 K variiert.

[0123] Der Sollwert für die Verdampferaustrittsüberhitzung dT_{UA} wird dann in Abhängigkeit der Kältekreis-Betriebsart und des Kältekreis-Arbeitspunktes so variiert,

dass die Verdampferüberhitzung im eingeschwungenen Regelfall in etwa dem sich einstellenden Prozesswert der Verdampferaustrittsüberhitzung $dT_{\dot{U}A}$ entspricht. Dieser Sollwert für die Verdampferaustrittsüberhitzung $dT_{\dot{U}A}$ kann modellbasiert in Abhängigkeit von einer Betriebsart oder einem Arbeitspunkt abhängig von der Verdampfungstemperatur, der Kondensationstemperatur, der Verdichterleistung, einem Sollwert der Verdichtereintrittsüberhitzung $dT_{\dot{U}E}$ am Verdampferaustritt 242 und/oder von Komponenteneigenschaften vorberechnet werden und adaptiv korrigiert werden.

[0124] Es wird dann die Regelabweichung der Verdichtereintrittsüberhitzung $dT_{\dot{U}E}$ berechnet, indem vom Prozesswert der Verdichtereintrittsüberhitzung $dT_{\dot{U}E}$ der Sollwert der Verdichtereintrittsüberhitzung $dT_{\dot{U}E}$ subtrahiert wird.

[0125] Es wird dann die Regelabweichung der Verdampferaustrittsüberhitzung $dT_{\dot{U}A}$ berechnet, indem vom Prozesswert der Verdampferaustrittsüberhitzung $dT_{\dot{U}A}$ der Sollwert der Verdampferaustrittsüberhitzung $dT_{\dot{U}A}$ subtrahiert wird.

[0126] Schritt 3: In einem dritten Verfahrensschritt werden die Regelabweichung der Verdichtereintrittsüberhitzung $dT_{\dot{U}E}$ und die Regelabweichung der Verdampferaustrittsüberhitzung $dT_{\dot{U}A}$ vorteilhaft zu einer Gesamtregelabweichung-Überhitzung kombiniert.

[0127] Die Kombination erfolgt insbesondere mittels einer gewichteten Addition der Einzel - Regelabweichungen.

[0128] Der Gewichtungseinfluss ist ein Maß für die anteilige Kombination der Einzel - Regelabweichungen und kann im Extremfall die ausschließliche Einbeziehung nur einer Einzel - Regelabweichung, aber üblicherweise die gewichtete Einbeziehung beider Einzel - Regelabweichungen bewirken.

[0129] Vorteilhaft wird der Gewichtungseinfluss als Wert zwischen 0 bis 1, also 0 bis 100 % veranschlagt und dieser Wert wird auf den Grad der Einbeziehung der Regelabweichung der Verdichtereintrittsüberhitzung $dT_{\dot{U}E}$ in die Gesamt - Regelabweichung einbezogen, womit sich für die Berechnung der Gesamt - Regelabweichung folgende Abhängigkeit ergibt:

$$\begin{aligned} \text{Gesamt - Regelabweichung Überhitzung} = \\ (\text{Gewichtungseinfluss} * \text{Regelabweichung Verdichtereintrittsüberhitzung}) + ((1 - \text{Gewichtungseinfluss}) * \text{Regelabweichung Verdampferaustrittsüberhitzung}) \end{aligned}$$

[0130] Der Wert des Gewichtungseinfluss kann vorteilhaft von der Betriebsart und/oder dem Arbeitspunkt der Wärmepumpe 100 abhängig variiert werden:

- Beim Betriebsartübergang zwischen Betriebsart = Betrieb mit ausgeschaltetem Verdichter 210 und Betriebsart = Betrieb mit eingeschaltetem Verdichter 210 im Heizbetrieb wird aufgrund der dynamischen Prozesswerteänderungen beim Anfahren des

Dampfkompensationssystems 200 vorteilhaft ausschließlich zunächst die Regelabweichung Verdampferaustrittsüberhitzung $dT_{\dot{U}A}$ in die Gesamt - Regelabweichung einbezogen, insbesondere ist der Wert eines Gewichtungseinflusses dann zunächst = 0 oder ein Wert vorteilhaft unter 20 %.

- Nach einer Stabilisierungsphase des Dampfkompensationssystems 200 ist es vorteilhaft, nicht spontan auf den für den Regelbetrieb ausgelegten Wert des Gewichtungseinflusses umzuschalten, sondern den Übergang rampenförmig zu gestalten. In diesem Fall ist es vorteilhaft, dass der Wert vom Gewichtungseinfluss vom Startwert = 0, oder einem Wert insbesondere unter 20%, vorteilhaft rampenförmig auf den vorgesehenen Zielwert angehoben werden. Hiermit wird insbesondere eine Werteunstetigkeit bei einem spontanen Umschalten vermieden und somit Regelschwingungen vermieden.
- Der Zielwert des Gewichtungseinflusses wird vorteilhaft an die jeweilige Betriebsart und den Arbeitspunkt angepasst. Betriebspunkte, welche sich durch erhöhte Schwingneigung auszeichnen bedürfen vorteilhaft einer geringeren Gewichtung der Regelabweichung der Verdichtereintrittsüberhitzung $dT_{\dot{U}E}$, insbesondere wird hiermit ein regeltechnisch kritisches Signalverhalten der Verdichtereintrittsüberhitzung $dT_{\dot{U}E}$ aufgrund der gegenüber der Verdampferaustrittsüberhitzung $dT_{\dot{U}A}$ größeren Signalverzögerung und größeren Streckensteilheit eine Schwingneigung vermieden.

[0131] Schritt 4: In einem vierten Verfahrensschritt wird die berechnete Gesamt - Regelabweichung der Überhitzung dann im Regler 500 verarbeitet, welcher die korrespondierenden Aktoren des Kältekreises, insbesondere das Expansionsventil 230 mit dem stellbarem Öffnungsgrad und/oder den Verdichter 210 mit stellbarer Verdichterdrehzahl, so steuert, dass sich im eingeregelter Fall eine Regelabweichung der Überhitzung gleich möglichst etwa 0 Kelvin einstellt.

[0132] Dabei kann ein P, I, PI, PID - Regler eingesetzt werden, wobei die Regelanteile an die jeweilige Betriebsart und den Arbeitspunkt vorteilhaft dynamisch angepasst werden.

[0133] Fig. 3 zeigt das log p/h Diagramm der Fig. 2, wobei statt der in Fig. 2 gezeigten Prozessvariablen die zugrundeliegenden Prozesse beschrieben sind. Die Prozessvariablen sind zur besseren Erkennbarkeit nicht dargestellt.

[0134] In einem Schritt 810 wird das Kältemittel in dem Verdichter 210 von Niederdruck ND auf Hochdruck HD verdichtet, wobei sich die Temperatur ebenfalls von der Verdampferaustrittstemperatur T_{KE} auf die Heißgastemperatur T_{HG} erhöht.

[0135] In dem Verflüssiger 220 kommt es unter Abgabe der Heizleistung Q_H zunächst zu einer Enthitzung in

Schritt 820, bevor das Kältemittel anschließend in Schritt 830 verflüssigt wird. Die Verflüssigung wird in dem Verflüssiger 220 vorzugsweise vollständig abgeschlossen.

[0136] Bei nachfolgendem Durchtritt durch den Rekuperator 250 wird das flüssige Kältemittel in Schritt 850 unterkühlt, bevor es in Schritt 860 in dem Expansionsventil 230 auf den Niederdruck ND entspannt wird. 5

[0137] In Schritt 870 wird das flüssige und entspannte Kältemittel im Verdampfer 240 nahezu vollständig verdampft, bevor es im Rekuperator 250 schließlich in Schritt 890 überhitzt wird. 10

[0138] Das überhitzte Kältemittel wird dann wieder in Schritt 810 im Verdichter 210 verdichtet, so dass der Kreisprozess erneut durchlaufen werden kann.

[0139] Im Unterschied dazu wird ein $\log p/h$ Diagramm eines Arbeitspunktes mit Kältemittelmangel in Fig. 4 gezeigt, wobei gleiche Prozessschritte wie in Fig. 3 mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet werden. 15

[0140] Der erste Unterschied tritt in Schritt 830 auf. Die Verflüssigung wird nicht in dem Verflüssiger 220 abgeschlossen, sondern das noch gasförmige Kältemittel tritt in den Rekuperator 250 ein und wird in einem Schritt 840 in dem Rekuperator 250 verflüssigt. Anstatt der Abgabe der Wärmeenergie an das Wärmequellensystem wird die Energie also intern von dem Hochdruck in den Niederdruckpfad übertragen, was die Leistungszahl verringert. 20 25

[0141] Entsprechend wird in Schritt 870 die Verdampfung nicht in dem Verdampfer 240 abgeschlossen. Ein wesentlicher Anteil der Verdampfung findet in einem Schritt 880 erst in dem Rekuperator 250 statt. 30

[0142] Deutlich sichtbar ist der größere ausgefüllte Pfeil, der den Wärmeübertragungsbetrag in dem Rekuperator 250 darstellt. Je weiter der Pfeil innerhalb des von Siedelinie und Taulinie umschriebenen Bereiches liegt, desto weniger Effizient arbeitet der Kältekreis. Dieser Zustand wird erfindungsgemäß erkannt und, falls möglich, behoben. 35

Patentansprüche 40

1. Verfahren zum Betreiben einer Kompressionskälteanlage (200) mit

- einem Kältemittel, das einen Temperaturgleit aufweist, 45
- einem Verdampfer (240),
- einem Verdichter (210),
- einem Verflüssiger (220),
- einem Drosselorgan (230), 50
- einem internen Wärmeübertrager (250), wobei der interne Wärmeübertrager zur Übertragung von Wärmeenergie des Kältemittels im Hochdruckpfad (HD) vor Eintritt in das Drosselorgan (230) an das Kältemittel im Niederdruckpfad (ND) vor Eintritt in den Verdichter (210) ausgebildet ist, und 55
- einer Steuereinheit (500), wobei die Steuerein-

heit ausgebildet ist

a) zur Erfassung einer Überhitzung des Kältemittels nach Austritt aus dem Verdampfer (240) sowie zur Erfassung einer Überhitzung des Kältemittels bei Eintritt in den Verdichter (210) und

b) zur Regelung des Drosselorgans (230) mit Hilfe einer auf beiden Überhitzungen basierenden Regelgröße und

c) zur Detektion eines Kältemittelmangels zumindest im Verflüssiger (220),

wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

- Berechnen einer Temperaturdifferenz zwischen Taupunkttemperatur und Siedepunkttemperatur, genannt Temperaturgleit, des Kältemittels in dem aktuellen Arbeitspunkt der Kompressionskälteanlage auf Grundlage eines erfassten Niederdruckes (ND) des Kältemittels,
- Berechnen eines Temperaturdifferenz-Grenzwertes relativ zum berechneten Temperaturgleit des erfassten Niederdruckes (ND) des Kältemittels in dem aktuellen Arbeitspunkt,
- Bewerten der aktuellen Verdampferaustrittsüberhitzung auf Unterschreitung des Temperaturdifferenz-Grenzwertes,
- Bereitstellen eines Sollwertes einer Überhitzung, die als eine Differenz zwischen Temperatur des Kältemittels und Taupunkttemperatur definiert ist, bei Eintritt in den Verdichter (210), genannt Verdichtereintrittsüberhitzung,
- Bewerten der aktuellen Verdichtereintrittsüberhitzung auf Überschreitung des Sollwertes der Verdichtereintrittsüberhitzung,
- Erkennen einer Kältemittelmangelsituation, wenn beide Ergebnisse der Schritte des Bewerzens für eine festgelegte Zeit ununterbrochen erfüllt sind.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Verfahren weiter den folgenden Schritt aufweist:

- Durchführung eines Versuchs einer Kältemittelrückführung in den Verflüssiger (220) durch zeitlich begrenzte Erhöhung des Sollwertes der Verdichterdrehzahl und / oder zeitlich begrenzte Erhöhung des Sollwertes der Verdampferaustrittsüberhitzung.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Verfahren weiter den folgenden Schritt aufweist:

- Generierung eines Fehlerzustandes bei erfolglosem Versuch der Kältemittelrückführung, insbesondere bei mehrfachem erfolglosem Versuch der Kältemittelrückführung, in einer fest-

gelegten Zeitspanne.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Berechnen des Temperaturdifferenz-Grenzwertes relativ zum berechneten Temperaturgleit des erfassten Niederdrucks des Kältemittels abhängig von dem aktuellen Arbeitspunkt der Kompressionskälteanlage erfolgt. 5
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei der Temperaturdifferenz-Grenzwert relativ zum berechneten Temperaturgleit proportional zu einer Differenz zwischen Wärmesenkentemperatur und Wärmequellentemperatur eingestellt wird. 10
6. Kompressionskälteanlage (200) mit
 - einem Kältemittel, das einen Temperaturgleit aufweist,
 - einem Verdampfer (240), 20
 - einem Verdichter (210),
 - einem Verflüssiger (220),
 - einem Drosselorgan (230),
 - einem internen Wärmeübertrager (250), wobei der interne Wärmeübertrager zur Übertragung von Wärmeenergie des Kältemittels im Hochdruckpfad (HD) vor Eintritt in das Drosselorgan (230) an das Kältemittel im Niederdruckpfad (ND) vor Eintritt in den Verdichter (210) ausgebildet ist, und 25
 - einer Steuereinheit (500), wobei die Steuereinheit ausgebildet ist 30
 - a) zur Erfassung einer Überhitzung des Kältemittels nach Austritt aus dem Verdampfer (240) sowie zur Erfassung einer Überhitzung des Kältemittels bei Eintritt in den Verdichter (210) und 35
 - b) zur Regelung des Drosselorgans (230) mit Hilfe einer auf beiden Überhitzungen basierenden Regelgröße und 40
 - c) zur Detektion eines Kältemittelmangels zumindest im Verflüssiger (220),
- wobei die Steuereinheit ferner ausgebildet ist 45
 - zum:
 - Berechnen einer Temperaturdifferenz zwischen Taupunkttemperatur und Siedepunkttemperatur, genannt Temperaturgleit, des Kältemittels in dem aktuellen Arbeitspunkt der Kompressionskälteanlage auf Grundlage eines erfassten Niederdruckes (ND) des Kältemittels, 50
 - Berechnen eines Temperaturdifferenz-Grenzwertes relativ zum berechneten Temperaturgleit des erfassten Niederdruckes (ND) des Kältemittels in dem aktuellen Arbeitspunkt, 55
 - Bewerten der aktuellen Verdampferaustrittsüberhitzung auf Unterschreitung des Tempera-

turdifferenz-Grenzwertes,

- Bereitstellen eines Sollwertes einer Überhitzung, die als eine Differenz zwischen Temperatur des Kältemittels und Taupunkttemperatur definiert ist, bei Eintritt in den Verdichter (210), genannt Verdichtereintrittsüberhitzung,
- Bewerten der aktuellen Verdichtereintrittsüberhitzung auf Überschreitung des Sollwertes der Verdichtereintrittsüberhitzung,
- Erkennen einer Kältemittelmangelsituation, wenn beide Ergebnisse der Schritte des Bewertens für eine festgelegte Zeit ununterbrochen erfüllt sind.

7. Wärmepumpe mit einer Kompressionskälteanlage nach Anspruch 6. 15

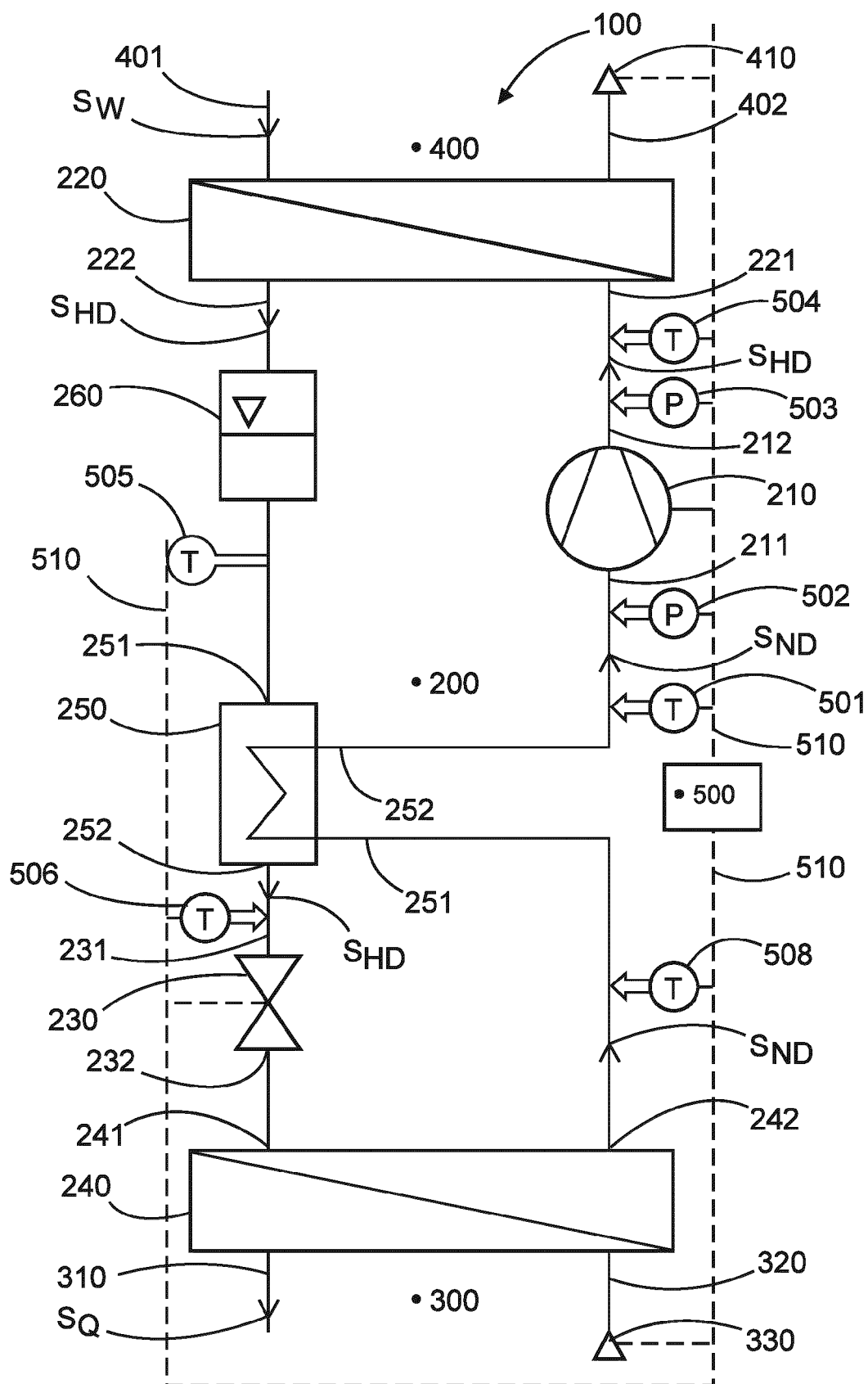


Fig. 1

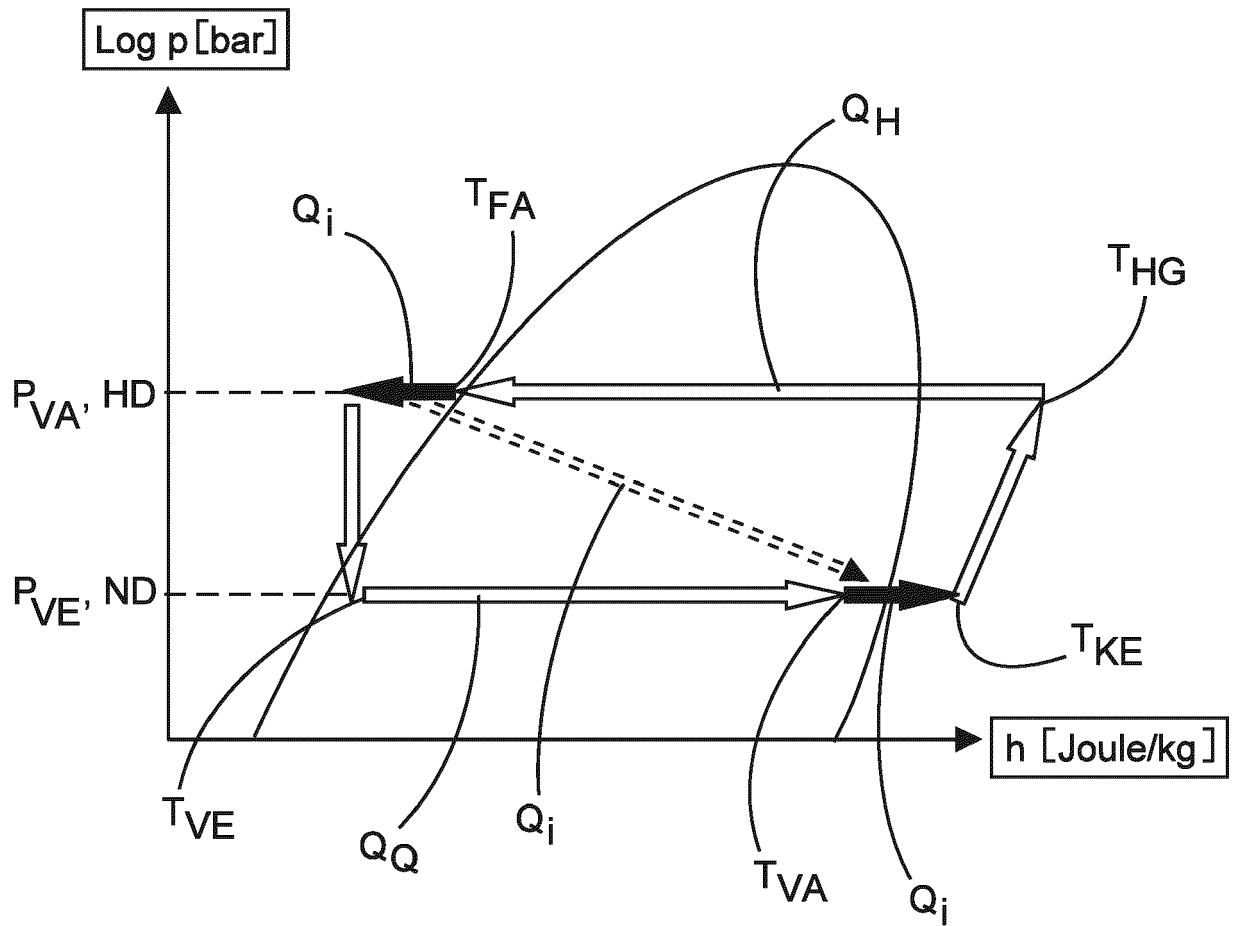


Fig. 2

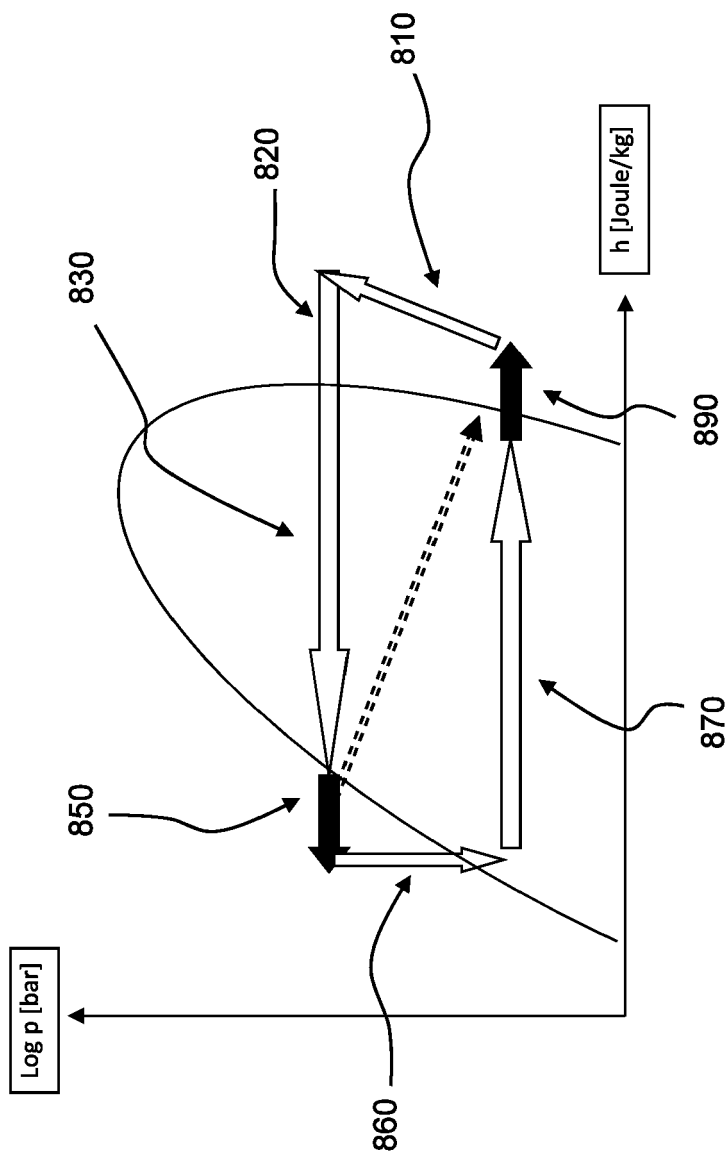


Fig. 3

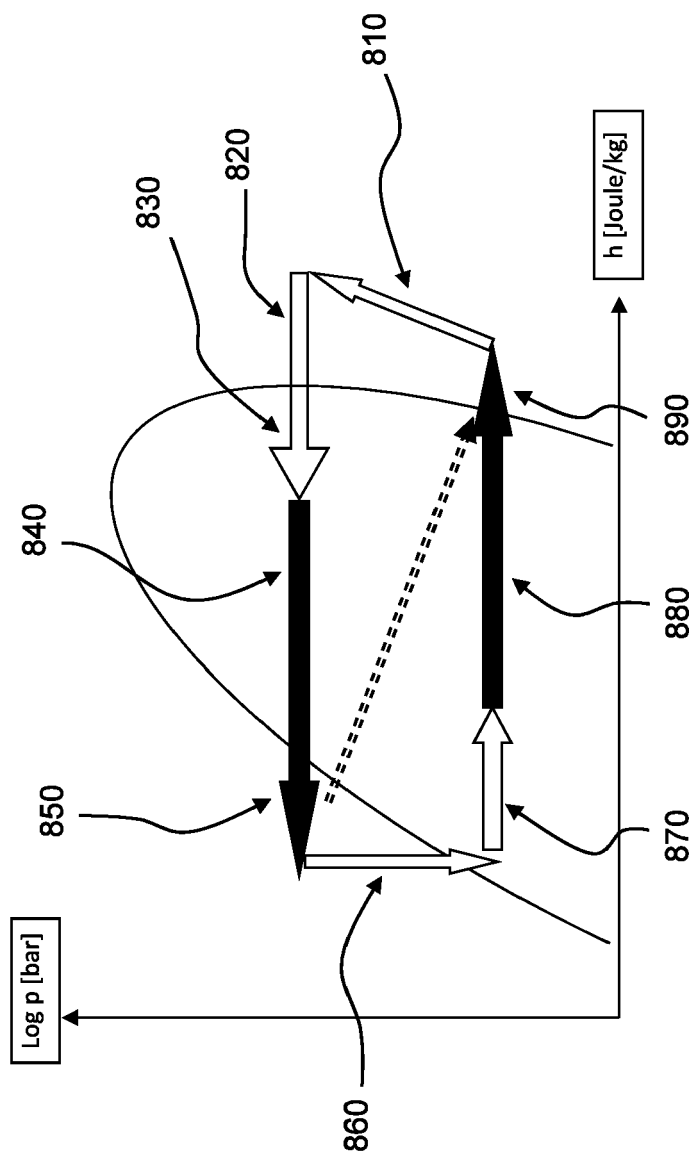


Fig. 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 21 17 7576

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2019/124409 A1 (DAIKIN IND LTD [JP]) 27. Juni 2019 (2019-06-27)	1, 6, 7	INV. F25B49/02 F25B40/00
A	* Absätze [0908], [0921], [0938], [0940] - [0942], [1755], [1776], [1777]; Abbildung 3w *	2-5	
A	EP 1 014 013 A1 (SANDEN CORP [JP]) 28. Juni 2000 (2000-06-28) * Absätze [0017] - [0038]; Abbildung 1 *	1-7	
A	EP 1 026 459 A1 (SANDEN CORP [JP]) 9. August 2000 (2000-08-09) * Absätze [0029] - [0044]; Abbildung 3 *	1-7	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F25B
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 25. Oktober 2021	Prüfer Amous, Moez
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 : mündliche 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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 21 17 7576

5

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

25-10-2021

10

15

20

25

30

35

40

45

50

EPO FORM P0461

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2019124409 A1	27-06-2019	AU 2018387883 A1	23-07-2020
		AU 2018387884 A1	16-07-2020
		AU 2018387900 A1	23-07-2020
		AU 2018387983 A1	23-07-2020
		AU 2018387985 A1	16-07-2020
		AU 2018388034 A1	09-07-2020
		AU 2018388050 A1	16-07-2020
		AU 2018390660 A1	02-07-2020
		AU 2018391186 A1	16-07-2020
		AU 2018391876 A1	02-07-2020
		AU 2018391894 A1	16-07-2020
		BR 112020009389 A2	03-11-2020
		BR 112020009626 A2	03-11-2020
		BR 112020010318 A2	05-01-2021
		BR 112020010388 A2	20-10-2020
		BR 112020010413 A2	24-11-2020
		BR 112020010468 A2	24-11-2020
		BR 112020010607 A2	10-11-2020
		BR 112020010676 A2	10-11-2020
		BR 112020011145 A2	17-11-2020
		BR 112020011168 A2	17-11-2020
		CN 111479896 A	31-07-2020
		CN 111479897 A	31-07-2020
		CN 111479898 A	31-07-2020
		CN 111479899 A	31-07-2020
		CN 111479910 A	31-07-2020
		CN 111480038 A	31-07-2020
		CN 111480039 A	31-07-2020
		CN 111480040 A	31-07-2020
		CN 111480041 A	31-07-2020
		CN 111492031 A	04-08-2020
		CN 111492033 A	04-08-2020
		CN 111492183 A	04-08-2020
		CN 111492185 A	04-08-2020
		CN 111492186 A	04-08-2020
		CN 111492187 A	04-08-2020
		CN 111492188 A	04-08-2020
		CN 111492189 A	04-08-2020
		CN 111511874 A	07-08-2020
		CN 111527178 A	11-08-2020
		CN 111527353 A	11-08-2020
		CN 111542580 A	14-08-2020
		CN 111556949 A	18-08-2020
		EP 3730569 A1	28-10-2020
		EP 3730570 A1	28-10-2020
		EP 3730571 A1	28-10-2020

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

55

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

EP 21 17 7576

5

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

25-10-2021

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
		EP 3730572 A1	28-10-2020
		EP 3730576 A1	28-10-2020
		EP 3730577 A1	28-10-2020
		EP 3730580 A1	28-10-2020
		EP 3730584 A1	28-10-2020
		EP 3730585 A1	28-10-2020
		EP 3730593 A1	28-10-2020
		EP 3730861 A1	28-10-2020
		EP 3730864 A1	28-10-2020
		EP 3730865 A1	28-10-2020
		EP 3730866 A1	28-10-2020
		EP 3730867 A1	28-10-2020
		EP 3730868 A1	28-10-2020
		EP 3730869 A1	28-10-2020
		EP 3730870 A1	28-10-2020
		EP 3730871 A1	28-10-2020
		JP W02019123897 A1	24-12-2020
		JP W02019123898 A1	10-12-2020
		JP W02019124138 A1	10-12-2020
		JP W02019124139 A1	17-12-2020
		JP W02019124140 A1	10-12-2020
		JP W02019124145 A1	28-01-2021
		JP W02019124146 A1	21-01-2021
		JP W02019124229 A1	17-12-2020
		JP W02019124230 A1	07-01-2021
		JP W02019124326 A1	04-02-2021
		JP W02019124327 A1	21-01-2021
		JP W02019124328 A1	24-12-2020
		JP W02019124329 A1	21-01-2021
		JP W02019124330 A1	21-01-2021
		JP W02019124360 A1	24-12-2020
		JP W02019124361 A1	14-01-2021
		JP W02019124362 A1	21-01-2021
		JP W02019124379 A1	14-01-2021
		JP W02019124380 A1	14-01-2021
		JP W02019124395 A1	17-12-2020
		JP W02019124398 A1	14-01-2021
		JP W02019124409 A1	07-01-2021
		KR 20200100143 A	25-08-2020
		KR 20200100681 A	26-08-2020
		KR 20200100682 A	26-08-2020
		KR 20200100688 A	26-08-2020
		KR 20200100689 A	26-08-2020
		KR 20200100693 A	26-08-2020
		KR 20200100694 A	26-08-2020
		KR 20200100716 A	26-08-2020

EPO FORM P0461

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

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

EP 21 17 7576

5

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

25-10-2021

10

15

20

25

30

35

40

45

50

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
		KR 20200100718 A	26-08-2020	
		KR 20200100740 A	26-08-2020	
		KR 20200101401 A	27-08-2020	
		PH 12020550899 A1	22-03-2021	
		PH 12020550911 A1	17-05-2021	
		PH 12020550912 A1	10-05-2021	
		PH 12020550913 A1	17-05-2021	
		PH 12020550914 A1	10-05-2021	
		PH 12020550915 A1	10-05-2021	
		PH 12020550917 A1	10-05-2021	
		PH 12020550918 A1	17-05-2021	
		PH 12020550919 A1	17-05-2021	
		PH 12020550920 A1	31-05-2021	
		US 2020309411 A1	01-10-2020	
		US 2020309419 A1	01-10-2020	
		US 2020309437 A1	01-10-2020	
		US 2020332166 A1	22-10-2020	
		US 2020333041 A1	22-10-2020	
		US 2020333049 A1	22-10-2020	
		US 2020333051 A1	22-10-2020	
		US 2020339856 A1	29-10-2020	
		US 2020340714 A1	29-10-2020	
		US 2020362215 A1	19-11-2020	
		US 2020378662 A1	03-12-2020	
		US 2020386459 A1	10-12-2020	
		US 2020392389 A1	17-12-2020	
		US 2020393175 A1	17-12-2020	
		US 2020393176 A1	17-12-2020	
		US 2021003323 A1	07-01-2021	
		US 2021095897 A1	01-04-2021	
		US 2021163804 A1	03-06-2021	
		US 2021164698 A1	03-06-2021	
		US 2021164701 A1	03-06-2021	
		US 2021164703 A1	03-06-2021	
		WO 2019124409 A1	27-06-2019	

EP 1014013	A1	28-06-2000	EP 1014013 A1	28-06-2000
			JP 2000179960 A	30-06-2000

EP 1026459	A1	09-08-2000	EP 1026459 A1	09-08-2000
			JP 4202505 B2	24-12-2008
			JP 2000205670 A	28-07-2000

EPO FORM P0461

55

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

- DE 10159892 A1 [0005]
- DE 102005061480 B3 [0006]