



(11) **EP 4 579 145 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
02.07.2025 Patentblatt 2025/27

(21) Anmeldenummer: **24215454.0**

(22) Anmeldetag: **26.11.2024**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F25B 13/00 (2006.01) **F25B 25/00** (2006.01)
F25B 30/02 (2006.01) **F25B 41/39** (2021.01)
F25B 49/02 (2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F25B 30/02; F25B 13/00; F25B 25/005;
F25B 41/39; F25B 49/02; F25B 2313/02741;
F25B 2339/047; F25B 2600/2513; F25B 2700/195;
F25B 2700/197; F25B 2700/21163; F25B 2700/2117

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
GE KH MA MD TN

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

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

(30) Priorität: **20.12.2023 DE 102023136084**

(54) **WÄRMEPUMPE UND VERFAHREN ZUM BETRIEB EINER WÄRMEPUMPE MIT EINEM DAMPFKOMPRESSIONSSYSTEM**

(57) Bei einem Verfahren zum Betrieb einer Wärmepumpe mit einem Dampfkompensationssystem wird ein zumindest anteilig gasförmiges Kältemittel von einem mittels eines Reglers gesteuerten Verdichter von einem Niederdruck ND auf einen Hochdruck HD verdichtet. Das wird Kältemittel durch einen nach dem Verdichter betriebenen verflüssigenden Wärmeübertrager getrieben, wobei eine Verflüssigung des Kältemittels erfolgt. Das Kältemittel wird weiter zu einem vom Regler gesteuerten Zwischendruck-Drosselorgan geleitet, mit welchem das Kältemittel auf einen Zwischendruck ZD entspannt wird. Das auf den Zwischendruck ZD entspannte Kältemittel wird in einen Sammler für das Kältemittel geleitet und das Kältemittel wird flüssig aus dem Sammler zu einem vom Regler gesteuerten Niederdruck Drosselorgan geführt, mit welchem das Kältemittel auf einen Niederdruck ND entspannt wird. Das auf dem Niederdruck ND befindliche Kältemittel verdampft in einem verdampfenden Wärmeübertrager. In weiteren Verfahrensschritten wird eine erste Stellgröße ES für das Zwischendruck-Drosselorgan, durch welches das Kältemittel nach dem verflüssigenden Wärmeübertrager strömt, in Abhängigkeit von einer Unterkühlungsabweichung U_a eines Ist-Unterkühlungswerts U_i von einem Soll-Unterkühlungswert U_s des Kältemittels an einem Austritt des verflüssigenden Wärmeübertrager ermittelt. Weiter wird eine zweiten Stellgröße ZS für das Zwischendruck Drosselorgan, durch welches das Kältemittel nach dem verflüssigenden Wärmeübertrager strömt, in Abhängigkeit wenigstens eines Prozesswerts PW des Dampfkompensationssystems,

welcher in einem hinterlegten Berechnungsmodell zur zweiten Stellgröße ZS verarbeitet wird, bestimmt. Verarbeitet wird die erste Stellgröße ES mit der zweiten Stellgröße ZS zur Bestimmung eines Sollstellwerts S_{ST} , zur Einstellung des nach dem verflüssigenden Wärmeübertrager durchströmten Zwischendruck-Drosselorgans und dessen Einstellung auf den Sollstellwert S_{ST} .

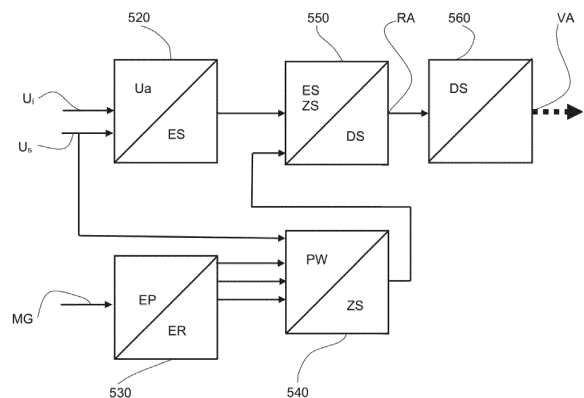


Fig. 6

EP 4 579 145 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Wärmepumpe mit einem Dampfkompensationssystem und eine Vorrichtung mit einem verflüssigenden Wärmeübertrager.

[0002] Das Verfahren bezieht sich auf einen Betrieb einer Wärmepumpe mit einem Dampfkompensationssystem, in welchem ein zumindest anteilig gasförmiges Kältemittel von einem mittels eines Reglers gesteuerten Verdichter von einem Niederdruck auf einen Hochdruck verdichtet wird. Das Kältemittel wird durch einen nach dem Verdichter betriebenen verflüssigenden Wärmeübertrager getrieben, in dem eine Verflüssigung des Kältemittels erfolgt. Weiter wird das Kältemittel zu einem vom Regler gesteuerten Zwischendruck-Drosselorgan geleitet ist, in welchem das Kältemittel auf einen Zwischendruck ZD entspannt wird. Das auf den Zwischendruck ZD entspannte Kältemittel ist in einen Sammler für das Kältemittel geleitet, wobei das Kältemittel flüssig aus dem Sammler zu einem vom Regler gesteuerten Niederdruck Drosselorgan geführt ist, mit welchem das Kältemittel auf einen Niederdruck ND entspannt wird. Das auf dem Niederdruck ND befindliche Kältemittel wird in einem verdampfenden Wärmeübertrager verdampft.

[0003] DE 101 03 150 B4 zeigt eine Lüftungsanlage mit einem von einem Außenluftstrom beaufschlagten ersten Wärmetauscher, wobei der erste Wärmetauscher ein Luft-Luft-Wärmetauscher ist, in dem von einem Abluftstrom aus zu beheizenden Räumen Wärmeenergie auf den Außenluftstrom übertragen wird. Ein zweiter Wärmetauscher ist vorgesehen, über den der dem ersten Wärmetauscher zugeführte Außenluftstrom geführt ist, wobei der zweite Wärmetauscher vom Kältemittel einer Wärmepumpe beaufschlagt ist, um den ersten Wärmetauscher reifrei und/oder eisfrei zu halten. Der zweite Wärmetauscher ist von kondensiertem Kältemittel des Wärmepumpenkreises der Wärmepumpe beaufschlagt, der durch sensible Wärme des kondensierten Kältemittels erwärmt wird.

[0004] EP 2 664 868 B1 zeigt eine Wärmepumpenvorrichtung, umfassend einen Verdichter, einen Verflüssiger, einen ersten Wärmeübertrager, ein elektronisches Expansionsventil und ein Vier-/Zweiwegeventil, die in einem Kältekreislauf angeordnet sind. Der erste Wärmeübertrager weist eine erste Leitung für Kältemittel zur Aufnahme von Wärme durch Verdampfung des Kältemittels und eine zweite Leitung mit Kältemittel zur Abgabe von Wärme durch Unterkühlung des flüssigen Kältemittels auf. Weiterhin weist er eine Mehrzahl von Lamellen und eine Abtauwanne auf. Mindestens eine der Lamellen weist an ihren Enden eine Verlängerung auf, die zur Aufnahme der zweiten Leitung dient, die Teil des Kältekreislaufes ist und als Abtauschlange ausgestaltet ist, in der flüssiges Kältemittel fließt und zur Erwärmung der Abtauwanne verwendet wird.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist eine Verbesserung der Leistungszahl oder COP der Wärmepumpe unter

einer verbesserten Nutzung der Eigenschaften des Kältemittels. Insbesondere ist eine weitere Aufgabe der Erfindung mittels eines brennbaren Kältemittels, wie R290, eine optimale Nutzung der Umweltenergie hinzubekommen.

[0006] Eine Lösung dafür gibt die Erfindung mit dem Betrieb einer Wärmepumpe mit den Merkmale des Anspruchs 1 an. Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

[0007] Das Verfahren zum Betrieb der Wärmepumpe mit einem Dampfkompensationssystem erfolgt durch Bestimmen einer ersten Stellgröße ES für das Zwischendruck-Drosselorgan, durch welches das Kältemittel nach dem verflüssigenden Wärmeübertrager strömt. Die Bestimmung der ersten Stellgröße ES erfolgt in Abhängigkeit von einer Unterkühlungsabweichung eines Ist-Unterkühlungswerts von einem Soll-Unterkühlungswert des Kältemittels an einem Austritt des verflüssigenden Wärmeübertragers. Eine zweite Stellgröße ZS wird für das Zwischendruck Drosselorgan, durch welches das Kältemittel nach dem verflüssigenden Wärmeübertrager strömt, in Abhängigkeit wenigstens eines Prozesswerts des Dampfkompensationssystems bestimmt, welcher in einem hinterlegten Berechnungsmodell zur zweiten Stellgröße ZS verarbeitet wird. Die erste Stellgröße ES wird mit der zweiten Stellgröße ZS zur Bestimmung eines Sollstellwerts, zur Einstellung des nach dem verflüssigenden Wärmeübertrager durchströmten Zwischendruck-Drosselorgans auf den Sollstellwert S_{ST} , verknüpft.

[0008] Die Kältemittelmassestrom wird vorteilhaft auch vom Niederdruck Drosselorgan beeinflusst. Änderungen des Öffnungsgrades des Niederdruck Drosselorgans beeinflussen den Niederdruck, womit auch der Massestrom durch das Dampfkompensationssystem beeinflusst ist. Der Massestrom wird bei der Berechnung der zweiten Stellgröße, die modellbasierte Berechnung, berücksichtigt.

[0009] Vorteilhaft erfolgt das Verfahren durch Treiben des Kältemittels in einem Heizmodus in einer Hochdruckströmungsrichtung S_{HD} durch den verflüssigenden Wärmeübertrager, in dem das Kältemittel bei der Verflüssigung eine Wärme Q_h an ein Wärmeträgermedium überträgt. Das Kältemittel ist weiter in der Hochdruckströmungsrichtung S_{HD} der Reihe nach erst durch das Zwischendruck-Drosselorgan geleitet, bevor es zum Niederdruck-Drosselorgan geleitet wird und dann in dem verdampfenden Wärmeübertrager bei einem Austausch mit einer Quellwärme Q_Q verdampft.

[0010] Vorteilhaft erfolgt das Verfahren durch Treiben des Kältemittels in einem Kühlmodus in einer Hochdruck-Kühl-Strömungsrichtung S_{HDK} durch den verflüssigenden Wärmeübertrager, in dem das Kältemittel bei der Verflüssigung die Quellwärme Q_Q an das Wärmeträgermedium überträgt. Vorteilhaft wird unter anderem, zusätzlich zur Quellwärme, der Energieeintrag des Kompressors auf das Kältemittel übertragen. Das Kältemittel ist weiter in der Hochdruck-Kühl-Strömungsrichtung

S_{HDK} zu dem Zwischendruck-Drosselorgan geleitet, dann zum Niederdruck-Drosselorgan und dann in den verdampfenden Wärmeübertrager, wo bei einem Austausch mit der Wärme Q_h eine Verdampfung des Kältemittels erfolgt.

[0011] Der Sammler nimmt vorteilhaft eine Masse von flüssigem Kältemittel auf, die insbesondere nicht im verflüssigenden Wärmeübertrager verbleiben soll. Weiterhin befindet sich aktives Kältemittel, welches insbesondere an thermischen Vorgängen im Dampfkompensationssystem teilnimmt, im verdampfenden Wärmeübertrager, dem Verdichter und einem gegebenenfalls vorgesehenem internen Wärmeübertrager. Der Sammler dient somit als Pufferspeicher für nicht an den thermischen Prozessen benötigtes Kältemittel.

[0012] Im Verflüssiger wird gemäß einem Gedanken der Erfindung, durch eine Veränderung des Pegels von Kältemittel, die Unterkühlung beeinflusst oder geregelt und insbesondere, im verflüssigenden Wärmeübertrager nicht benötigtes Kältemittel im Sammler gesammelt. Andererseits dient das im Sammler verfügbare Kältemittel auch als Reservoir, um dem verflüssigenden Wärmeübertrager abhängig von der Betriebsart, dem Betriebsmodus, insbesondere dem Heizmodus oder dem Kühlmodus, Kältemittel zuführen zu können, wobei der Pegel im verflüssigenden Wärmeübertrager variiert wird. Im Prinzip sinkt das Level im Sammler vorteilhaft, wenn der Pegel im verflüssigenden Wärmeübertrager steigt und andersherum.

[0013] Gemäß einem weiteren Gedanken der Erfindung wird der Hochdruck HD des Kältemittels gemessen, eine Kondensationstemperatur T_{Kd} mit dem gemessenen Hochdruck HD aus einer Dampfdruckkurve des Kältemittels berechnet, eine Kältemitteltemperatur T_{KA} am Austritt des verflüssigenden Wärmeübertragers gemessen und der Ist-Unterkühlungswerts U_i des Kältemittels aus einer Differenz der Kältemitteltemperatur T_{KA} und der Kondensationstemperatur T_{Kd} ermittelt.

[0014] Vorteilhaft wird der Soll-Unterkühlungswert U_s , wenigstens im Heizmodus in Abhängigkeit von Prozesswerten PW des Dampfkompensationssystems ermittelt, wobei der Soll-Unterkühlungswert U_s wenigstens abhängig von einer Wärmeträgermedium-Temperaturdifferenz eingestellt wird. Die Wärmeträgermedium-Temperaturdifferenz wird aus einer Vorlauftemperatur und einer Rücklauftemperatur des Wärmeträgermediums bestimmt, wobei der Soll-Unterkühlungswert U_s auf 50 % bis 110 % der Wärmeträgermedium-Temperaturdifferenz eingestellt wird, besonders vorteilhaft zwischen 70 % und 90 %, insbesondere ca. 80 %.

[0015] Insbesondere wird der Soll-Unterkühlungswert U_s durch ein Hinzuzählen eines Offset-Unterkühlungswert U_o geändert.

[0016] Vorteilhaft wird der Soll-Unterkühlungswert U_s in einem speziellen Bereich der Wärmeträgermedium-Temperaturdifferenz angewendet. Eine andere vorteilhafte Ausführung besteht darin, dass der Offset -Unterkühlungswert U_o nicht linear ist und/oder von einer Funk-

tion bestimmt ist.

[0017] Ein genereller Soll-Unterkühlungswert wird vorteilhaft immer berechnet und mit der Regelung geregelt.

[0018] Vorteilhaft wird aus der erste Stellgröße ES und der zweiten Stellgröße ZS der Sollstellwert SST berechnet, wobei in einem ersten Schritt von der zweiten Stellgröße ZS, nämlich einem theoretischen Öffnungsgrad des Expansionsventils, ein Offset - Öffnungsgrad zu einem Offset- bereinigten theoretischen Öffnungsgrad subtrahiert wird. In einem zweiten Schritt wird der Offset- bereinigte theoretische Öffnungsgrad aus dem ersten Schritt mit der ersten Stellgröße ES zu einem Offset bereinigten Stellwert multipliziert wird. In einem dritten Schritt wird der Offset bereinigte Stellwert aus dem zweiten Schritt und der Offset - Öffnungsgrad addiert, womit eine gleichbleibende Regelkreisverstärkung im Arbeitsbereich des nach dem verflüssigenden Wärmeübertrager durchströmten Drosselorgan erzielt wird .

[0019] Als vorteilhaft wird die Wärmeträgermedium-Temperaturdifferenz auf eine vorgegebene Spreizung zwischen 4 K bis 15 K eingestellt, besonders vorteilhaft zwischen 7 K bis 13 K und besonders zwischen 9 K bis 11 K.

[0020] Der Soll-Unterkühlungswert U_s wird insbesondere zwischen ca. 5 K und 10 K, insbesondere ca. 8 K und weiterhin besonders vorteilhaft zwischen 6 K und 9 K eingestellt.

[0021] Bei einer vorgegebene Spreizung zwischen 4 K bis 15 K wird der Soll-Unterkühlungswert U_s insbesondere zwischen ca. 3 K und 13 K eingestellt, jedenfalls so, dass der Soll-Unterkühlungswert U_s in einem Verhältnis von kleiner 1 zur Wärmeträgermedium-Temperaturdifferenz eingestellt ist. Bei einer Wärmeträgermedium-Temperaturdifferenz von insbesondere ca. 10 K wird der Soll-Unterkühlungswert U_s auf ca. 8 K eingestellt. Damit beträgt der Soll-Unterkühlungswert U_s ca. 80 % der Wärmeträgermedium-Temperaturdifferenz. Auch prozentuale Werte der Soll-Unterkühlung U_s zwischen 70 % und 90 % haben sich als vorteilhaft erwiesen.

[0022] Bei einem vorteilhaften Verfahren stellt sich eine Füllmenge von Kältemittel im verflüssigenden Wärmeübertrager, insbesondere im Heizmodus, vorteilhaft zwischen einer minimalen Füllmenge von ca. 0,5 % und einer Füllmenge von 80 % ein und das in Abhängigkeit einer Heizleistung, der Sollunterkühlung $d_{TUKsoll}$, des Hochdrucks HD und einer Kontur des verflüssigendes Wärmeübertragers, insbesondere Konturen innerer Wärmeübertragungsflächen, an denen das Kältemittel anhaftet.

[0023] Vorteilhaft wird bei der Füllmenge die Anhaftung von Kältemittel an den inneren Wärmeübertragungsflächen des verflüssigenden Wärmeübertragers berücksichtigt, was insbesondere durch die Bauart des jeweiligen ersten Wärmeübertragers oder zweiten Wärmeübertragers, je nachdem welcher der Wärmeübertrager als verflüssigender Wärmeübertrager arbeitet, bedingt ist. Damit ist vorzugsweise eine Menge von Kältemittel erfasst, die beim Abfließen von flüssigem Kälte-

mittel anfällt oder welche beim Kondensieren von Kältemittel in der Zone oberhalb eines Flüssigkeitsstandes des flüssigen Kältemittel an den inneren Wärmeübertragungsflächen des verdampfenden Wärmeübertragers anhaften. Diese Mengen werden insbesondere durch Versuche ermittelt und dann entsprechend von Prozesswerten PW mit einem Parameter für die Anhaftung von Kältemittel bei der Ermittlung einer Füllmenge berücksichtigt.

[0024] Gemäß einem Gedanken der Erfindung wird durch Versuche bestimmt, wieviel Kältemittel in welchem Betriebspunkt der Wärmepumpe zum Erreichen der gewünschten Soll-Unterkühlung zurückgestaut werden muss und durch welchen Öffnungsgrad des Zwischen-druck-Expansionsventil dies erreicht werden kann. Die Abhängigkeiten dieses Öffnungsgrads von den jeweiligen Kältemittelkreislauf-Prozesswerten werden dann in der Modellrechnung berücksichtigt.

[0025] Gemäß einem weiteren Gedanken der Erfindung wird der Soll-Unterkühlungswert U_s in Abhängigkeit wenigstens einer Einsatzgrenze wenigstens einer Komponente des Dampfkompansionssystems geändert, insbesondere wird die Einsatzgrenze bezüglich eines minimalen oder maximalem zulässigen Betriebsdruckes des Dampfkompansionssystems überwacht und eingehalten, wobei insbesondere zur Einhaltung der Einsatzgrenze von einem Wirkungsgradoptimum abgewichen wird. Einsatzgrenzen sind insbesondere durch Bemessungswerte definiert.

[0026] Insbesondere der zulässige Einsatzbereich des Verdichter weist Grenztemperaturen und/oder Grenzdrücke auf, die vorgegeben sind, um als Einsatzgrenzen eingehalten zu werden. Entsprechend vorgegebene Bemessungsbereiche der Grenztemperaturen und/oder Grenzdrücke des Verdichters dürfen nicht verlassen werden. Über dem Wirkungsgradoptimum des Dampfkompansionssystems steht demnach eine Verhinderung einer Zerstörung oder Beeinträchtigung des Verdichters oder vorteilhaft auch ein Schutz anderer Komponenten des Dampfkompansionssystems.

[0027] Des Weiteren bestehen vorteilhaft Vorgaben für Maximal- und Mindestwerte zum Betrieb des Verdichters, wie eine Mindesttemperatur, insbesondere Mindestöltemperatur, die vorteilhaft mit einer Ölwanne- oder Gehäusetemperatur des Verdichters korreliert und auch ein Mindestdruck; Maximaltemperaturen und Minimaltemperaturen sind ebenfalls vorgegeben - Bemessungsgrößen und Einsatzgrenzen des Verdichters. Gerade beim Verdichter ist die Funktion demnach in einem Temperaturband und/oder einem Druckband zulässig, neben minimalen und maximalen Drehzahlgrenzen. Die Maximal- und die Mindestbemessungstemperatur hängt insbesondere von der Bauweise des Verdichters und dem verwendeten Öl ab. Für eine zuverlässige Funktion des Verdichters, insbesondere der Ventile oder Einlass- und Auslassvorrichtungen, ist ein Mindestdruck auf der Niederdruckseite und ein Mindestdruck auf der Hochdruckseite erforderlich. Maximalbe-

messungsdrücke sollten oder dürfen nicht überschritten werden und Minimalbemessungsdrücke sollten oder dürfen nicht unterschritten werden.

[0028] Auch der verflüssigende und der verdampfende Wärmeübertrager oder andere Bauteile weisen vorteilhaft jeweils Bemessungswerte oder Bemessungsbereiche auf, die eingehalten werden müssen oder sollten und von den Bemessungswerten oder Bemessungsbereichen sollte insbesondere nicht abgewichen werden dürfen. Genauso wie beim Verdichter steht prinzipiell ein Schutz des ganzen Dampfkompansionssystems und/oder seiner Komponenten vor einer Überlastung über einem Wirkungsgradoptimum.

[0029] Gemäß einem Gedanken der Erfindung wird der Soll-Unterkühlungswert U_s erhöht, wenn der Kältemitteldruck im Hochdruckbereich einem minimalen Hochdruck HD_{min} nahekommt, insbesondere ca. 1 bar nahe, damit der minimale Hochdruck HD sicher nicht unterschritten wird, wobei vorteilhaft an einer HD_{min} - Grenze der Hochdruck mit ca. 1 bar oder weniger erhöht wird.

[0030] Insbesondere ca. 1 bis 3 bar, besonders vorteilhaft ca. 2 bar Differenzdruck müssen über den Verdichter mindestens erzielt werden, insbesondere damit ein Metallblade, ein Auslassventil des Verdichters, in einem als Rollkolbenkompressors ausgeführten Verdichter geschlossen wird. Insbesondere soll das Metallblade die Auslassöffnung durch den Mindest-Differenzdruck sicher schließen, nachdem das Ausstoßen des komprimierten Kältemittels aus der Kompressionskammer abgeschlossen ist.

[0031] In einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel eines Rollkolben-Verdichters ist der Einlass offen - der Kolben verschließt die Öffnung. Bei Rollkolbenverdichtern wird üblicherweise kein klassisches Einlassventil verwendet, sondern eine durch die Rollkolbenstellung abgeschlossene Orts- und Volumen- veränderliche Kavität.

[0032] Wenn mit einer optimalen Unterkühlung, oder optimalen Istunterkühlung U_i nicht der Minstdifferenzdruck erzielt wird, dann wird gemäß einem Gedanken der Erfindung der Soll Unterkühlungswert U_s erhöht. Eine Abstimmung vom Hochdruck HD und der Unterkühlung U_i führt vorteilhaft zu einem Optimum. Werden Einsatzgrenzen wie der min- oder maximale Betriebsdruck erreicht oder drohen erreicht zu werden, dann wird vom Wirkungsgradoptimum abgewichen. Dabei wird bezüglich des maximalen Bemessungsdrucks überwacht, wie stark der Druck ansteigt und/oder die Gefahr besteht, dass der maximale Bemessungsdruck erreicht oder überstiegen wird. Andererseits wird bezüglich des minimalen Bemessungsdruck vorzugsweise überwacht, wie weit der Druck abfällt und die Gefahr besteht, dass der minimale Bemessungsdruck erreicht oder unterschritten wird. Vorteilhaft wird der Soll-Unterkühlungswert U_s reduziert, wenn der Kältemitteldruck im Hochdruckbereich einem maximalen Hochdruck HD_{max} nahekommt, insbesondere ca. 1 bar nahe, womit der Hochdruck HD sicher

unter dem Hochdruck HD_{max} bleibt.

[0033] Weiterhin wird vorgeschlagen, Parameter zum Betrieb der Wärmepumpe zu verändern oder zu aktivieren, wenn der Hochdruck HD in einem Bereich von weniger als ca. 1 bar unter dem maximalen Hochdruck liegt. Insbesondere mit einem P-Regler werden dann die Parameter so modifiziert, dass der Hochdruck HD eingedämmt, begrenzt oder vermindert wird.

[0034] Der Soll-Unterkühlungswert U_s wird gemäß einem weiteren Gedanken der Erfindung erhöht, wenn der Kältemitteldruck im Hochdruckbereich einem minimalen Hochdruck H_{Dmin} nahekommt, insbesondere in einem Bereich von weniger als ca. 1 bar nahe, damit der Hochdruck HD sicher über dem minimalen Hochdruck H_{Dmin} bleibt.

[0035] Vorteilhaft ist eine Reduzierung des Soll-Unterkühlungswert U_s abhängig von einer Medium Temperaturdifferenz, gebildet aus der Vorlauftemperatur des Heizmediums mit der Kondensationstemperatur T_{Kd} des Kältemittels. Dabei wird der Soll-Unterkühlungswert U_s vermindert, wenn die vorlaufseitige Temperaturdifferenz, die aus der Vorlauftemperatur mit der Kondensationstemperatur T_{Kd} gebildet wird, einen vorgegebenen Wert überschreitet.

[0036] Einerseits soll insbesondere möglichst viel Kältemittel im verflüssigenden Wärmeübertrager enthalten sein, aber nicht zu viel flüssiges KM, damit genug Kondensationsfläche zur Verfügung steht. Eine Diskrepanz zwischen einerseits möglichst viel Kältemittel im verflüssigenden Wärmeübertrager, aber andererseits nicht zu viel flüssigem Kältemittel im verflüssigendem Wärmeübertrager ist damit gelöst, damit genug Kondensationsfläche für das Kältemittel im verflüssigenden Wärmeübertrager zur Verfügung steht.

[0037] Die Diskrepanz wird vorteilhaft mit einer für den jeweiligen Betriebspunkt der Wärmepumpe eingestellten Kältemittelmenge, welche ein Gesamt-Wirkungsgradoptimum durch zumindest ausreichend Kältemittel bedingt, zur Erzielung eines hinreichend hohen Wirkungsgrads förderlichen Unterkühlung, aber nicht zu viel Kältemittel, zur Erhöhung einer Wirkungsgrad reduzierenden Kondensationstemperaturerhöhung, erzielt.

[0038] Bei einer hohen Leistung des verflüssigenden Wärmeübertragers, des Dampfkompensationssystems oder des Verdichters, wird insbesondere die Fläche des verflüssigenden Wärmeübertragers für eine Kondensation durch eine Absenkung des Pegels vergrößert. In einem Extremfall wird vorteilhaft kein, nahezu kein oder möglichst wenig flüssiges Kältemittel im verflüssigenden Wärmeübertrager zurückbehalten, um möglichst viel Kondensationsfläche für eine hohe Leistung des Dampfkompensationssystems bereit zu stellen. Der Pegel ist dann insbesondere nahe null oder null. Diese unerwünschte Erhöhung der Kondensationstemperatur wird insbesondere ermittelt, wenn die Kondensationstemperatur T_{Kd} nennenswert über die Vorlauftemperatur steigt. An den Flächen des verflüssigenden Wärmeübertrager können physikalisch bedingt anhaftende flüssige Kälte-

mittelanteile verbleiben, auch wenn der Pegel null oder nahe null ist.

[0039] Als Wärmeübertragungsfläche des verflüssigenden Wärmeübertragers, ist die Wärmeübertragungsfläche zu verstehen, an welcher im verflüssigenden Wärmeübertrager eine Kondensation von Kältemittel stattfinden kann.

[0040] Vorteilhaft entsteht dabei eine hohe oder eine steigende Temperaturdifferenz zwischen der Vorlauftemperatur und der Kondensationstemperatur des Kältemittels durch eine für die übertragene Leistung zu geringe Wärmeübertragungsfläche, an welcher die Kondensation stattfindet. Die Wärmeübertragungsfläche, an welcher die Kondensation kann, wird vorteilhaft durch Reduzierung des Pegels des Kältemittels vergrößert und damit die Kondensationstemperatur des Kältemittels gesenkt.

[0041] Vorteilhaft geht in das Berechnungsmodell wenigstens eine der folgenden Messgrößen MG und/oder Prozesswerte PW oder Regelwerte, insbesondere die Sollunterkühlung U_s als Regelwert, ein:

- der Kältemittelmassenstrom, vorteilhaft aus dem Hochdruck HD, dem Niederdruck ND und der Verdichterdrehzahl ermittelt
- die Sollunterkühlung U_s
- einem Offsetwert des Drosselorgans
- einer kältekreispezifischen Konstante
- wenigstens einem Exponent als kältekreispezifische Größe
- dem Hochdruck HD
- dem Niederdruck ND oder
- der Verdichterdrehzahl VD.

[0042] Drei Gattungen werden gemäß einem Gedanken der Erfindung wie folgt definiert:

- Regelwerte oder Reglerwerte sind Größen, die von Regler(n) berechnet werden und nicht unmittelbar Messgrößen MG entsprechen, die z.B. einen Proportionalanteil, einen Integralanteil und/oder einen Vorsteueranteil enthalten.
- Konstanten beschreiben physikalische Eigenschaften der Komponenten, wie z.B. eine Dichte des Kältemittels, aus welchem dann ein Volumenstrom in einen Massenstrom umgerechnet werden kann.
- Messgrößen MG aus dem Dampfkompensationskreislauf sind Prozesswerten PW, welche unmittelbar mittels Sensoren im Dampfkompensationskreislauf erfasst werden, wie z.B. Temperaturen, Drücke oder Drehzahlen.

[0043] Je mehr Kältemittel im als Verflüssiger arbeitenden verflüssigenden Wärmeübertrager rückgestaut wird, desto weniger Kondensationsfläche steht für das kondensierende Kältemittel zur Verfügung und infolgedessen erhöht sich der Hochdruck HD und die Unterkühlung U_i steigt und andersherum.

[0044] In einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel wird der Kältemittelmassenstrom aus Kältemittelkreislauf-Prozesswerten PW berechnet, insbesondere aus dem Niederdruck ND , dem Hochdruck HD und der Verdichterdrehzahl VD .

[0045] Insbesondere wird der Hochdruck HD zur Bestimmung des Unterkühlungswerts U_i am Austritt des verflüssigenden Wärmeübertragers mit einer Druckabfallkompensation zu einem korrigierten Hochdruck HD_k verrechnet nämlich insbesondere dann, wenn sich der Ort der Hochdruckerfassung nicht am Ort des Messpunktes für die Messung des Unterkühlungswerts U_i befindet. Im Heizmodus wird vorteilhaft mit dem dritten Temperatursensor hinter dem im Heizmodus verflüssigendem Wärmeübertrager und im Kühlmodus mit einem vierten Temperatursensor in Strömungsrichtung hinter dem im Kühlmodus verflüssigenden Wärmeübertrager die Kältemitteltemperatur-Temperatur zur Berechnung der Ist-Unterkühlung gemessen.

[0046] Wenn die Unterkühlung des Kältemittels auch im Kühlbetrieb gemessen und/oder geregelt werden soll, wird vorteilhaft der vierte Temperatursensor, stromab des im Kühlbetrieb verflüssigenden Wärmeübertragers, herangezogen.

[0047] Insbesondere zwischen dem zweiten Drosselorgan und dem zweiten Wärmeübertrager wird im Kühlmodus die Unterkühlungstemperatur des Kältemittels, insbesondere die des unterkühlten flüssigen Kältemittels, gemessen und mit einem entsprechenden Wert die Druckabfallkompensation berechnet.

[0048] Mit Hilfe des korrigierten Hochdrucks HD_k wird vorteilhaft ein Unterkühlungswert U_i nach dem als Verflüssiger arbeitenden, ersten oder zweiten, verflüssigenden Wärmeübertrager bestimmt.

[0049] Ein Heiz-Druckabfallkompensationswert wird gemäß einer weiteren Überlegung berechnet, wenn das Dampfkompensationssystem im Heizmodus betrieben wird, ein Kühl-Druckabfallkompensationswert wird berechnet, wenn das Dampfkompensationssystem im Kühlmodus betrieben wird und mit dem Heiz-Druckabfallkompensationswert oder dem Kühl-Druckabfallkompensationswert wird der Unterkühlungswert U_i nach dem verflüssigenden Wärmeübertrager korrigiert.

[0050] Vorteilhaft wird somit der Unterkühlungswert U_i mittelbar korrigiert, indem zunächst der Hochdruckwert korrigiert wird und dann aus dem korrigierten Hochdruckwert und der Temperatur des unterkühlten Kältemittels der Ist-Unterkühlungswert berechnet wird.

[0051] Vorteilhaft sind Verfahrensschritte, bei denen der Hochdruck HD im Hochdruckpfad des Dampfkompensationskreislaufs gemessen wird, insbesondere in Hochdruckströmungsrichtung hinter dem Verdichter. Die Kondensationstemperatur T_{Kd} wird mit dem gemessenen Hochdruck HD und einem Druckabfallkorrekturwert aus einer vorteilhaft hinterlegten Dampfdruckkurve berechnet. Der Druckabfallkorrekturwert bemisst eine Druckdifferenz, die durch einen Druckabfall im verflüssigendem Wärmeübertrager zwischen der tatsächlichen

Druckmessstelle und der Stelle, an welcher die Temperatur des unterkühlten Kältemittels gemessen wird, vorteilhaft direkt hinter dem Verdichter. Modellbasiert wird ein korrigierter Hochdruck HD_k berechnet, wie er in der Hochdruckströmungsrichtung hinter dem verflüssigenden Wärmeübertrager herrscht.

[0052] Eine Kältemitteltemperatur T_{KA} wird im Heizmodus vorteilhaft weiter zwischen dem verflüssigenden Wärmeübertrager und dem Zwischendruck Drosselorgan gemessen und der Ist-Unterkühlungswert U_i des Kältemittels wird aus der Differenz der Kältemitteltemperatur T_{KA} und der Kondensationstemperatur T_{Kd} ermittelt. Vorteilhaft wird die Kältemitteltemperatur T_{KA} im Kühlmodus weiter zwischen dem dann verflüssigenden Wärmeübertrager und dem dann als Zwischendruck Drosselorgan arbeitenden Drosselorgan gemessen und der Ist-Unterkühlungswerts U_i des Kältemittels wird aus der Differenz der Kältemitteltemperatur T_{KA} und der Kondensationstemperatur T_{Kd} ermittelt.

[0053] Weiter wird vorteilhaft ein Berechnungsmodell für den Druckabfallkorrekturwert mit wenigstens einem realen Prozesswert PW des Dampfkompensationskreislaufs als eine mögliche Ausgestaltung vorgeschlagen.

[0054] Dabei repräsentiert der Druckabfallkorrekturwert vorteilhaft eine modellbasiert berechnete Druckdifferenz zwischen dem Hochdruck HD an dem jeweiligen Hochdruck-Erfassungsort und dem am Ort der Temperaturerfassung der Kältemitteltemperatur T_{KA} vorhandenen Hochdruck. Weiter wird der Ist-Unterkühlungswerts U_i des Kältemittels vorteilhaft aus der Differenz der Kältemitteltemperatur T_{KA} und der Druckdifferenz-korrigierten Kondensationstemperatur T_{Kd} ermittelt.

[0055] In einem ersten Verfahrensschritt wird insbesondere aus messbaren Größen des Dampfkompensationskreislaufs, das sind vorteilhaft reale Prozesswerte PW oder Messgrößen MG , ein nicht messtechnisch ermittelter Massenstrom modellbasiert berechnet.

[0056] Mit einem Drehzahlparameter wird vorteilhaft ein Einfluss der Drehzahl auf den Liefergrad des Verdichters als Funktion der Verdichterdrehzahl ermittelt und somit eine Abnahme des Liefergrads mit der steigenden Verdichterdrehzahl berücksichtigt, womit ein Massenstromwert abhängig zumindest von der Drehzahl des Verdichters berechnet wird. Mit einem Hochdruckparameter wird vorteilhaft zusätzlich der Einfluss des Hochdrucks auf den Massenstromwert berücksichtigt, was linear oder auch nichtlinear erfolgen kann.

[0057] Gemäß einem weiteren Gedanken der Erfindung wird in einem zweiten Verfahrensschritt dieser berechnete Massenstromwert zur modellbasierten Berechnung des Druckabfallkorrekturwerts verwendet. Insbesondere bezieht sich der Druckabfallkorrekturwert auf den Druckabfall des Kältemittels zwischen dem Hochdrucksensor, vorteilhaft in einer unmittelbaren Nähe eines Austritts des Kältemittels aus dem Verdichter, und einem Ort in Hochdruckströmungsrichtung vor dem Zwischendruck-Drosselorgan oder nach dem verflüssigenden Wärmeübertrager.

[0058] Die Abhängigkeit kann gemäß einem Gedanken der Erfindung mathematisch gesehen linear oder auch nichtlinear sein. Damit wird eine Abhängigkeit des Druckabfalls vom Massenstrom berücksichtigt und weiterhin vorteilhaft auch die Abhängigkeit des Druckabfalls vom Hochdruck HD selbst.

[0059] Gemäß einem weiteren vorteilhaften Gedanken werden der erste und zweite Verfahrensschritt eine Formel überführt.

[0060] Weiterhin vorteilhaft ist die Abbildung der Verfahrensschritte in einem Computerprogramm, insbesondere gestützt durch ein System mit künstlicher Intelligenz.

[0061] In einer vorteilhaften Umsetzung werden drei Prozesswerte PW wie der Niederdruck ND, der Hochdruck HD und die Verdichterdrehzahl VD für die Berechnung des Druckabfallkorrekturwerts verwendet.

[0062] Zur Reduzierung der Anzahl der Prozesswerte PW, die im ersten und zweiten Verfahrensschritt oder in die Formel einfließen, werden gemäß einem anderen Gedanken der Erfindung einzelne Prozesswerte durch repräsentative Konstanten ersetzt, zumindest teilweise oder zumindest ein Prozesswert wird ersetzt. Diese werden vorteilhaft so gewählt, dass sie in einem möglichen Betriebsbedingungs - Wertebereich, in etwa einem mittleren Prozesswert oder einem statistisch häufig vorkommenden Prozesswert entsprechen. Allerdings wird insbesondere beim Ersetzen von Prozesswerten PW durch die eine oder mehrere Konstante der Berechnungsfehler größer, was akzeptabel ist, soweit die Genauigkeit hinreichend ist.

[0063] Der Betriebsbedingungs - Wertebereich bezieht jeweils auf einen Prozesswert PW und dessen Spanne an Werten, den dieser Prozesswert im Betrieb der Wärmepumpe annehmen kann. Für einen Prozesswert ist ein Betriebsbedingungs - Wertebereich ein ausgewählter Prozesswert oder ein günstiger Bereich von Werten, der laufend ermittelt werden kann oder aber auch aus Versuchen und Erfahrungswerten vorab, z.B. im Labor, oder im Betrieb bestimmt ist.

[0064] Gemäß einem weiteren Gedanken der Erfindung wird die erste Stellgröße ES als Faktor berechnet, welcher durch einen Regelanteil wie einen Proportionalanteil und oder einen Integralanteil und/oder einen Differentialanteil als Funktion der Unterkühlungsabweichung U_a beeinflusst wird.

[0065] Weiterhin vorteilhaft ist ein Verfahren enthaltend die Verfahrensschritte, dass aus der ersten Stellgröße ES und der zweiten Stellgröße ZS der Sollstellwert SST berechnet wird, wobei in einem ersten Schritt von der zweiten Stellgröße ZS, nämlich vorteilhaft einem theoretischen Öffnungsgrad des Zwischendruckdrosselorgans, ein Offset - Öffnungsgrad zu einem Offsetbereinigten Ergebnis subtrahiert wird. In einem zweiten Schritt wird das Offset-bereinigte Ergebnis aus dem ersten Verfahrensschritt mit der ersten Stellgröße ES zu einem korrigierten Ergebnis multipliziert und auch zur Berechnung des Sollstellwerts SST hinzugezogen.

[0066] In einem dritten Schritt wird das korrigierte Ergebnis vorteilhaft aus dem zweiten Verfahrensschritt mit dem Offset - Öffnungsgrad addiert und der Sollstellwert SST berechnet, womit eine gleichbleibende Regelkreisverstärkung im Arbeitsbereich nach dem verflüssigenden Wärmeübertrager erzielt ist.

[0067] Vorteilhaft ist eine Vorrichtung mit dem ersten Wärmeübertrager, dem Verdichter, dem verdampfenden Wärmeübertrager und wenigstens dem Zwischendruck-Drosselorgan, dem Kältemittelsammler, dem Niederdruck-Drosselorgan und dem Regler ausgestattet.

[0068] Der Regler ist nach einem Gedanken der Erfindung mit einer ersten Bestimmungseinheit zum Bestimmen der ersten Stellgröße ES für das eine oder wenigstens eine Zwischendruck Drosselorgan in Abhängigkeit von der Abweichung eines Ist-Unterkühlungswerts U_i des Kältemittels von einem Soll-Unterkühlungswert U_s des Kältemittels beim Austritt des Kältemittels aus dem verflüssigenden Wärmeübertrager ausgestattet. Der Regler weist weiterhin eine Einheit auf, oder ist mit der Einheit verbunden, zum Ermitteln von Messgrößen MG zur Einspeisung in ein Berechnungsmodell für die zweite Stellgröße ZS für das Zwischendruck-Drosselorgan.

[0069] Eine Recheneinheit des Reglers ist vorteilhaft zum modellbasierten Berechnen der zweiten Stellgröße ZS für das Zwischendruck Drosselorgan anhand des Berechnungsmodells aus den ermittelten Messgrößen MG und Dampfkompensationssystem spezifischen Größen vorgesehen. Spezifische Größen sind in einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel die Dichte des Kältemittels bei einem bestimmten Druck des Kältemittels, auch volumetrische Daten genannt. Bei Propan ist ein spezifischer volumetrischer Wert $2,02 \text{ kg/m}^3$ bei 1 bar und 0°C , was vorteilhaft in die Berechnung eingeht, wenn der Massenstrom des Verdichters ermittelt wird.

[0070] Eine zweite Bestimmungseinheit des Reglers ist vorteilhaft zum Bestimmen eines dritten Stellwertes DS für das erste Drosselorgan durch Verknüpfung des ersten Stellwertes ES mit dem zweiten Stellwert ZS vorgesehen und eine Stelleinheit zum Einstellen des ersten Drosselorgans auf den dritten Stellwert DS.

[0071] Das Dampfkompensationssystem kann optional mit einem Umschaltventil, als Vierwegeventil oder auch mit einer Umschalteinrichtung aus mehreren Ventilen oder Stelleinheiten, ausgestattet sein, wie dies in den Figuren 1, 2, 3 und 4 gezeigt ist. Mit dem Umschaltventil wird das Dampfkompensationssystem zwischen einem Heizmodus und einem Kühlmodus umgeschaltet. Nach dem Verdichter ist in Hochdruckströmungsrichtung das Umschaltventil angeordnet.

[0072] Vorteilhaft ist auch nach dem Verdichter ein Umschaltpfad des Umschaltventils saugseitig angeschlossen und ein Umschaltpfad ist vorteilhaft druckseitig am Verdichter angeschlossen.

[0073] Im Heizmodus wird vorteilhaft eine Schaltstellung des Umschaltventils eingestellt, bei der das Umschaltventil so geschaltet ist, dass an den Verdichter in

Strömungsrichtung der erste Wärmeübertrager angeschlossen ist, der im Heizmodus als verflüssigender Wärmeübertrager arbeitet. Das auf Hochdruck befindliche Kältemittel strömt im Heizmodus also vom Verdichter zum ersten Wärmeübertrager. Bei dieser Schaltung wird das erste Drosselorgan als Zwischendruck Drosselorgan verwendet und das zweite Drosselorgan als Niederdruck Drosselorgan. Der zweite Wärmeübertrager folgt nach dem zweiten Drosselorgan und arbeitet im Heizmodus als verdampfender Wärmeübertrager.

[0074] Weiterhin ist vorteilhaft vorgesehen, das Umschaltventil vom Heizmodus in die Stellung Kühlmodus umzuschalten, wenn eine Abtauung des zweiten Wärmeübertragers erforderlich ist. Im Heizmodus kann bei Temperaturen unter ca. 7 °C eine Vereisung des zweiten Wärmeübertragers stattfinden. Bei einer Vereisungserkennung wird das Umschaltventil in die Stellung Kühlmodus gebracht und der im Heizmodus als verdampfender Wärmeübertrager arbeitende zweite Wärmeübertrager wird im Abtaumodus, der der Schaltung des Kühlmodus entspricht, abgetaut. Die Abtauung wird vorteilhaft durch ein Abtaubedarfssignal und ein Abtaubendesignal bestimmt, in der die Anlage im Kühlmodus zum Abtauen betrieben wird.

[0075] Im Kühlmodus wird weiterhin vorteilhaft eine Schaltstellung des Umschaltventils eingestellt, bei der das Umschaltventil so geschaltet ist, dass in Strömungsrichtung des Kältemittels an den Verdichter der zweite Wärmeübertrager angeschlossen ist, der im Kühlmodus als verflüssigender Wärmeübertrager arbeitet. Das auf Hochdruck befindliche Kältemittel strömt dann also vom Verdichter zum zweiten Wärmeübertrager. Bei dieser Schaltung wird das zweite Drosselorgan als Zwischendruck Drosselorgan verwendet und das erste Drosselorgan als Niederdruck Drosselorgan. Der erste Wärmeübertrager folgt in der Kältemittel-Strömungsrichtung nach dem ersten Drosselorgan und arbeitet im Kühlmodus als verdampfender Wärmeübertrager. Der Regler ist dazu geeignet die Schaltstellung Kühlmodus oder Heizmodus zu wählen.

[0076] Der Regler ist gemäß einem Gedanken der Erfindung dazu geeignet, das erste Drosselorgan im Heizbetrieb als Zwischendruck Drosselorgan zu betreiben und auch die Sensoren für die Temperaturen oder Drücke, wie für den Heizmodus beschrieben, zu verwenden. Insbesondere zieht der Regler den dritten Temperatursensor im Heizmodus zur Messung der Kältemittel Temperatur beim Hochdruck HD heran. Das zweite Drosselventil wird im Heizmodus vom Regler als Niederdruck Drosselventil betrieben. Der Regler stellt dabei das Umschaltventil auf die Stellung Heizmodus.

[0077] Im Kühlmodus ist der Regler vorteilhaft geeignet, das zweite Drosselorgan als Zwischendruck Drosselorgan zu betreiben und verwendet auch die entsprechenden Sensoren für die Temperaturen oder Drücke, wie für den Kühlmodus beschrieben. Im Kühlmodus zieht der Regler den vierten Temperatursensor zur Messung der Kältemittel Temperatur beim Hochdruck HD

heran. Das erste Drosselorgan wird dabei vom Regler als Niederdruck Drosselorgan betrieben. Der Regler stellt dabei das Umschaltventil auf die Stellung Kühlmodus.

5 **[0078]** Die gleiche Funktionsweise wie im Kühlmodus wird vom Regler vorteilhaft vorgenommen, wenn ein Abtaubetrieb, insbesondere mit einer Kreisumkehr verwendet wird.

10 **[0079]** Im Abtaubetrieb wird gemäß einem Gedanken der Erfindung nicht auf eine Überhitzung oder die Unterkühlung geregelt wird, sondern die Ventile werden zur Einhaltung einer Mindest-Druckdifferenz im Hochdruck und/oder im Niederdruck zur Einhaltung eines Mindest-Niederdruckwertes betrieben.

15 **[0080]** Gemäß einem Gedanken der Erfindung, zur Sicherstellung des zum Schutz des Auslassventils des Rollkolben Verdichters erforderlichen Mindest-Differenzdruck, wird der Soll Unterkühlungswert U_s gegenüber dem hinsichtlich eines Wirkungsradoptimums berechneten Vorgabewertes erhöht.

20 **[0081]** Die Figuren zeigen in

Figur 1 das Dampfkompensationssystem mit dem Sammler und dem Zwischenwärmetauscher, wobei das Umschaltventil auf einen Betriebsmodus "Heizen" geschaltet ist,

Figur 2 das Dampfkompensationssystem mit dem Sammler und dem Zwischenwärmetauscher, wobei das Umschaltventil auf einen Betriebsmodus "Kühlen" geschaltet ist,

Figur 3 das Dampfkompensationssystem mit einem in dem Sammler integrierten Zwischenwärmetauscher, wobei das Umschaltventil auf den Betriebsmodus "Heizen" geschaltet ist,

Figur 4 das Dampfkompensationssystem mit dem Sammler, wobei das Umschaltventil auf den Betriebsmodus "Heizen" geschaltet ist,

Figur 5 das Dampfkompensationssystem mit dem Sammler im Betriebsmodus "Heizen",

45 Figur 6 ein Blockschaltbild mit Einheiten des Reglers,

Figur 7 ein Zustandsschaubild eines Kältemittels,

50 Figur 8 ein Diagramm der Sollunterkühlung zu einer Temperaturdifferenz und

Figur 9 ein Diagramm der Sollunterkühlung zu einer Temperaturdifferenz.

55 **[0082]** Eine Wärmepumpe 100 enthält ein Dampfkompensationssystem 200, wie in Figur 1 dargestellt und wird hier in einem Heizmodus betrieben. Im Dampfkompres-

sionssystem 200 ist ein Verdichter 210, ein erster Wärmeübertrager 220, ein erstes Drosselorgan 230, ein zweites Drosselorgan 235, ein zweiter Wärmeübertrager 240, ein Zwischenwärmeübertrager 250, ein Kältemittelsammler 260 und ein Umschaltventil 270 gezeigt. Der Verdichter 210 weist ein Verdichtereintritt 211 und ein Verdichteraustritt 212 auf. Der erste Wärmeübertrager 220, ist im Heizbetrieb als verflüssigender Wärmeübertrager betrieben und als Verflüssiger ausgestaltet, in dem das Kältemittel verflüssigt und vorzugsweise unterkühlt werden kann. Er ist weiter mit einem ersten Kältemittelanschluss 221 und einem zweiten Kältemittelanschluss 222 ausgestattet. Angebunden ist der erste Wärmeübertrager 220 an ein Wärmesenkensystem 400 mit einem Heizmedieumtritt 401 und einem Heizmedieumtritt 402. Das Wärmesenkensystem 400 weist weiterhin eine Heizmediumpumpe 410 auf, mit der ein Heizmedium in einer Heizmedium-Strömungsrichtung S_w umgetrieben wird.

[0083] Das erste Drosselorgan 230 ist im gezeigten Heizmodus als Zwischendruck Drosselorgan ausgestaltet, in dem das Kältemittel vom Hochdruck HD auf den Zwischendruck ZD entspannt wird. Am ersten Drosselorgan 230 ist ein erster Drosselanschluss 231 und ein zweiter Drosselanschluss 232 vorgesehen.

[0084] Ein dritter Kältemittelanschluss 241 und ein vierter Kältemittelanschluss 242 sind am zweiten Wärmeübertrager 240 vorgesehen. Der zweite Wärmeübertrager 240, ist im Heizbetrieb als verdampfender Wärmeübertrager betrieben und als Verdampfer ausgestaltet, in dem das Kältemittel verdampft wird.

[0085] Ein erster Rekuperatoranschluss 251 und ein zweiter Rekuperatoranschluss 252 sind am Zwischenwärmeübertrager 250 enthalten. Ein erster Zwischenwärmeübertrageranschluss 253 und ein zweiter Zwischenwärmeübertrageranschluss 254 sind weiterhin am Zwischenwärmeübertrager 250 angebracht. "Rekuperator" und "Zwischenwärmeübertrager" sind unterschiedliche Worte für die funktionsgleiche Komponente 250.

[0086] Im Heizmodus und im Kühlmodus und vorteilhaft auch im Abtaubetrieb ist ein Zwischendruck-Pfad zwischen dem ersten Rekuperatoranschluss 251 und dem Rekuperatoranschluss 252 gebildet. Ein Niederdruck-Pfad ist dann zwischen dem ersten Zwischenwärmeübertrageranschluss 253 und dem zweiten Zwischenwärmeübertrageranschluss 254 gebildet.

[0087] Ein vierter Temperatursensor 510 ist im Ausführungsbeispiel dazu vorgesehen und dazu geeignet, im Kühlbetrieb die Temperatur des Kältemittels beim Austritt aus dem im Kühlbetrieb verflüssigendem Wärmeübertrager bei einem Hochdruck HD zu messen und an den Regler weiterzugeben. Der Regler ist dazu geeignet, den vierten Temperatursensor im Kühlbetrieb zur Messung der Temperatur des Kältemittels bei einem Hochdruck HD heranzuziehen.

[0088] Neben diesen Bestandteilen oder Bauteilen des Dampfkompensationssystems 200 ist ein Wärme-

quellensystem 300 vorgesehen. Das Wärmequellensystem 300, mit einem Quellmedieumtritt 320 und einem Quellmedieumtritt 310, dient zum Austausch von Wärme eines Quellmedieums mit dem Kältemittel, wobei Energie des Wärmequellensystem 300 mit dem Dampfkompensationssystem 200 ausgetauscht wird. Im Falle von Luft als ein Quellmedium dient ein Lüfter dazu, das Quellmedium in einer Quellmedium-Strömungsrichtung S_Q durch den zweiten Wärmeübertrager 240 zu treiben. Im Falle von insbesondere Sole oder Wasser ist eine Solepumpe 330 vorgesehen.

[0089] Im Heizmodus wird im zweiten Wärmeübertrager Energie vom Quellmedium auf das Kältemittel übertragen, mithin wird das Kältemittel dabei im zweiten Wärmeübertrager, der im Heizmodus als verdampfender Wärmeübertrager arbeitet, verdampft. Der Regler behandelt den ersten Wärmeübertrager im Heizmodus als verflüssigenden Wärmeübertrager

[0090] Im Kühlmodus wird Energie vom Kältemittel auf das Quellmedium übertragen, mithin wird das Kältemittel dabei im zweiten Wärmeübertrager, der im Kühlmodus als verflüssigender Wärmeübertrager arbeitet, verflüssigt. Der Regler behandelt den zweiten Wärmeübertrager im Kühlmodus als verflüssigenden Wärmeübertrager.

[0091] Wenn das Umschaltventil 270 in der Betriebsstellung "Heizen" steht - Heizmodus -, wie das in Figur 1 dargestellt ist, nimmt das Dampfkompensationssystem 200 Quellenergie Q_Q vom Wärmequellensystem 300 auf. Dabei verdampft das Kältemittel im zweiten Wärmeübertrager 240, der im Heizmodus als verdampfender Wärmeübertrager betrieben wird und wird weiter zum Zwischenwärmeübertrager 250 geführt, bevor das Kältemittel in den Verdichter 210 strömt, bzw. von diesem angesaugt wird. Auf dem Weg vom zweiten Wärmeübertrager 240, dem verdampfenden Wärmeübertrager im Heizmodus, zum Verdichter 210, wird vor dem Zwischenwärmeübertrager 250 die Temperatur des Kältemittels mit einem zweiten Temperatursensor 508 ermittelt. Im Ausführungsbeispiel werden Temperaturdaten und Druckdaten des Kältemittels über ein Bussystem 560 oder per Funk übermittelt.

[0092] Auch analoge Messgrößen MG , oder auch Messwerte genannt, können vorteilhaft, mittels insbesondere einzelner dem jeweiligen Sensor/Aktor zugeordneten Leitungen, dem Regler 500 zugeführt werden.

[0093] Im Zwischenwärmeübertrager 250 erfolgt eine Wärmeübertragung vom in dessen Hochdruckpfad befindlichen Kältemittel an dessen im Niederdruckpfad befindlichen Kältemittel. Vor einem Eintritt des Kältemittels in den Verdichter 210, hinter dem Zwischenwärmeübertrager 250, erfolgt eine Temperaturmessung des Kältemittels mit einem Verdichtereintrittstemperatursensor 501 und der Druck des Kältemittels wird vor dem Verdichter 210 mit einem Niederdrucksensor 502 ermittelt. Im Verdichter 210 wird das Kältemittel dann im Druck erhöht bzw. verdichtet; auf Hochdruck HD.

[0094] Der Zustand des Kältemittels wird in Strö-

mungsrichtung S_{HD} hinter dem Verdichter 210 mit einem Hochdrucksensor 503 und einem Heißgastemperatursensor 504 gemessen. Auch diese Kältemitteldaten werden vorzugsweise über das Bussystem 560 an den Regler 500 übermittelt. Das Kältemittel strömt in der Hochdruck-Strömungsrichtung S_{HD} über das Umschaltventil 270 weiter zum als verflüssigenden Wärmeübertrager betriebenen ersten Wärmeübertrager 220 und gibt im Betriebsmodus "Heizen" Wärme durch eine Heißgas Enthitzung, eine Verflüssigung und vorzugsweise eine Unterkühlung an ein Wärmesenkensystem 400 ab.

[0095] Das Wärmesenkensystem 400 kann insbesondere eine Warmwasserbereitung über eine Wohnungstation, ein Warmwasserspeicher oder auch eine übliche Heizung eines Gebäudes sein. Im ersten Wärmeübertrager 220 reduziert sich die Temperatur des Kältemittels deutlich. Der hier verwendete erste Wärmeübertrager 220 ist als verflüssigender Wärmeübertrager so ausgelegt, dass er verflüssigtes Kältemittel aufnehmen kann, welches im ersten Wärmeübertrager 220 auch weiter unterkühlt werden kann, also auf Temperaturen, die unter der Kondensationstemperatur liegen, gebracht werden kann. Somit ist der erste Wärmeübertrager 220 dafür geeignet, flüssiges Kältemittel in einem unterschiedlichen Pegel bzw. unterschiedliche Massen oder Volumina von flüssigem Kältemittel aufzunehmen.

[0096] Das verflüssigte und vorzugsweise unterkühlte Kältemittel strömt im Heizmodus nach dem ersten Wärmeübertrager 220 durch den zweiten Kältemittelanschluss 222 zum ersten Drosselorgan 230, wobei zwischen dem zweiten Kältemittelanschluss 222 und dem ersten Drosselanschluss 231 mit dem dritten Temperatursensor 509 die Kältemittel Temperatur beim Hochdruck HD gemessen oder erfasst wird. Mit dem ersten Drosselorgan 230, welches im Heizmodus als Zwischendruck Drosselorgan betrieben wird, wird das Kältemittel auf den Zwischendruck ZD entspannt.

[0097] Weiter, in einer Zwischendruck-Strömungsrichtung S_{ZD} , strömt das auf dem Zwischendruck ZD befindliche Kältemittel nach dem ersten Drosselorgan 230 zum Kältemittelsammler 260 und tritt durch einen ersten Sammleranschluss 261 in den Kältemittelsammler 260. Dort kann sich ein flüssiges Volumen 264 oder eine Masse von Kältemittel bei einem variablen Level 263 ansammeln. Kältemittel sammelt sich oder verbleibt im Kältemittelsammler 260, vorzugsweise mit einer flüssigen Phase und einem zugeordneten Volumen oder einer Masse und/oder einer teilweise gasförmigen Phase oberhalb der flüssigen Phase. Durch einen zweiten Sammleranschluss 262 strömt das flüssige Kältemittel wieder aus dem Kältemittelsammler 260 heraus durch den Rekuperator 250. Vor dem Rekuperator 250 wird eine erste Zwischendruck- Kältemitteltemperatur T_{ZDeZD} mit einem fünften Temperatursensor 505 und nach dem Rekuperator 250 eine zweite Zwischendruck-Kältemitteltemperatur T_{ZDz} mit einem sechsten Temperatursensor 506 gemessen und per Bus 560 an den Regler 500 gesendet.

[0098] Das noch auf dem Zwischendruck ZD befindliche Kältemittel strömt nun in das zweite Drosselorgan 235, welches im Heizmodus als Niederdruck Drosselorgan betrieben wird. Das zweite Drosselorgan 235 weist einen dritten Drosselanschluss 236 und einen vierten Drosselanschluss 237 auf und im zweiten Drosselorgan 235 wird das Kältemittel im Heizmodus auf den Niederdruck ND entspannt, strömt weiter in einer Niederdruck-Strömungsrichtung S_{ND} in den zweiten Wärmeübertrager 240, der im Heizmodus als verdampfender Wärmeübertrager betrieben wird, nimmt Energie auf und verdampft - ein Kreislauf im Dampfkompensationssystem 200 ist geschlossen.

[0099] In Figur 2 ist das Dampfkompensationssystem 200 mittels des Umschaltventils 270 in einen Kühlmodus geschaltet. Das auf Hochdruck HD befindliche Kältemittel strömt in der Hochdruck-Strömungsrichtung S_{HD} vom Verdichter 210 zum Umschaltventil 270 und von dort in einer Hochdruck-Kühl-Strömungsrichtung S_{HDK} zum zweiten Wärmeübertrager 240, der im Kühlmodus als verflüssigender Wärmeübertrager betrieben wird. Wärme, in diesem Kühlmodus ist dies die Quellenergie Q_Q , wird im zweiten Wärmeübertrager 240 dabei vom Kältemittel auf das Wärmequellensystem 300 übertragen. Bei einer Luft Wasser Wärmepumpe wird somit Energie an die Luft übertragen und bei einer Sole Wasser Wärmepumpe an die Sole. Weiter wird das Kältemittel im zweiten Drosselorgan 235, welches im Kühlmodus vom Regler 500 als Zwischendruck Drosselorgan betrieben wird, vom Hochdruck HD auf den Zwischendruck ZD entspannt. Nach dem zweiten Drosselorgan 235 strömt das auf dem Zwischendruck ZD befindliche Kältemittel durch den Hochdruckpfad des Zwischenwärmeübertragers 250 und dann durch den Kältemittelsammler 260 zum ersten Drosselorgan 230, welches im Kühlmodus vom Regler 500 als Niederdruck Drosselorgan betrieben wird und wo das Kältemittel weiter auf den Niederdruck ND entspannt wird. In einer Niederdruck-Kühl-Strömungsrichtung S_{NDK} strömt das Kältemittel weiter zum ersten Wärmeübertrager 220 der, im Kühlmodus als verdampfender Wärmeübertrager betrieben wird und Wärmeenergie Q_H wird vom Wärmesenkensystem 400 aufgenommen. Die Wärmeenergie Q_H wird im Kühlmodus vom Kältemittel auf das Wärmequellensystem übertragen. Angemerkt wird, dass als Wärmequellenmedium vorteilhaft eher das Medium bezeichnet wird, von dem als Wärmequelle Energie auf den Kältemittelkreislauf übertragen wird. Hier ist insbesondere eher gemeint, dass im Kühlmodus dem Wärmesystem des Hauses Wärme entzogen und an das Kältemittel übertragen wird.

[0100] In der Niederdruck-Kühl-Strömungsrichtung S_{NDK} ist weiter das Umschaltventil 270 angeschlossen durch das das Kältemittel zum Verdichter 210 strömt, wobei zwischen dem im Kühlmodus als verdampfender Wärmeübertrager arbeitenden ersten Wärmeübertrager 220 und dem Verdichter 210 der Zwischenwärmeübertrager 250 geschaltet ist.

[0101] Eine erste Öffnung eines ersten Rohres 265

und eine zweite Öffnung 266 eines zweites Rohr sind im Sammer auf einem gleichen Niveau angeordnet. Damit wird im Kühlmodus und im Heizmodus Kältemittel auf einem gleiche Niveau eingeleitet und auch ausgeleitet.

[0102] Wichtig ist, dass die Ausleitung von flüssigem Kältemittelstand auch bei niedrigen Pegelständen erfolgen kann und deshalb sind die Öffnungen der Rohre vorzugsweise auf niedriger Höhe angeordnet

[0103] Fig. 3 zeigt einen, weitgehend zum in Fig. 1 beschriebenen, ähnlichen Dampfkompressionskreislauf 200 im Heizmodus, wobei in dem Kältemittelsammler 260 der Zwischenwärmeübertrager 250 integriert ist. Der Zwischenwärmeübertrager 250 ist im Kältemittelsammler 260 entsprechend dem Level 263 von flüssigem Kältemittel umgeben. Also so hoch wie der das Level 263 des Kältemittels ist, so hoch ist auch der Rekuperator 250 vorteilhaft im flüssigen Kältemittel eingetaucht. Der Zwischenwärmeübertrager 250 ist hier der Niederdruck-Kältemittelpfad des "Rekuperators" oder des Zwischenwärmeübertragers 250.

[0104] Die Eintauchtiefe des Niederdruckpfades des Zwischenwärmeübertragers 250 gleicht vorteilhaft in etwa dem Pegel der Hochdruckseite des Zwischenwärmeübertragers 250, insbesondere wenn der Niederdruck-Kältemittelpfad bis zum Boden des WÜ reicht.

[0105] Im Dampfkompressionssystem 200, wie in Fig. 4 gezeigt, ist das Umschaltventil 270 auf Heizen eingestellt. Die mögliche Option für einen Kühlmodus ist gestrichelt mit Pfeilen angedeutet. Dieses Dampfkompressionssystem 200 ist im Prinzip wie das Fig 1 dargestellte Dampfkompressionssystem 200 aufgebaut, allerdings ohne einen Zwischenwärmeübertrager. Zwischen dem zweiten Drosselorgan 235 und dem ersten Drosselorgan 230 ist demnach ein Kältemittelsammler 260, aber kein Zwischenwärmeübertrager angeordnet.

[0106] Das Dampfkompressionssystem 200 kann auch ohne ein Umschaltventil 270 aufgebaut sein. Hierbei ist ein Umschalten von einem Heizmodus in einen Kühlmodus nicht möglich, auch umgekehrt nicht. Das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 5 zeigt den Betriebsmodus Heizen. Dennoch weist das Dampfkompressionssystem 200 ein erstes Drosselorgan 230, als Zwischendruck Drosselorgan, und ein zweites Drosselorgan 235, als Niederdruck Drosselorgan auf. Zwischen den beiden Drosselorganen 230, 235 wird das Kältemittel auf dem Zwischendruck ZD gehalten, einem Druck des Kältemittels, der niedriger ist als der Hochdruck HD und der über dem Niederdruck ND liegt und in einem Sammler 260 ist ein Reservoir für insbesondere flüssiges Kältemittel bei einem Level 263 vorgesehen.

[0107] Nicht dargestellt ist das Dampfkompressionssystem 200 ohne ein Umschaltventil 270 als Kühlsystem, also in einem nicht umkehrbaren Kühlmodus. Hierbei ist ein Umschalten von einem Kühlmodus in einen Heizmodus nicht möglich, auch umgekehrt nicht. In einem solchen Kühlsystem weist das Dampfkompressionssystem 200 ein erstes Drosselorgan 230, als Niederdruck Drosselorgan, und ein zweites Drosselorgan 235, als

Zwischendruck Drosselorgan auf. Zwischen den beiden Drosselorganen 230, 235 wird das Kältemittel auf dem Zwischendruck ZD gehalten, einem Druck des Kältemittels, der niedriger ist als der Hochdruck HD und der über dem Niederdruck ND liegt. Dann ist der Verdichter bezogen auf die vorhandenen Figuren von der Strömungsrichtung "invertiert" angeschlossen und dann ist auch die Zuordnung der Sensoren entsprechend zu invertieren oder äquivalent zu versetzen.

[0108] Figur 6 bezieht sich auf das Verfahren zum Betrieb einer Wärmepumpe (100) im Heizmodus mit einem Dampfkompressionssystem (200) in welchem ein zumindest anteilig gasförmiges Kältemittel von einem mittels eines Reglers (500) gesteuerten Verdichter (210) vom Niederdruck ND auf den Hochdruck HD verdichtet wird. Die erste Stellgröße ES wird für das erste Drosselorgan 230, welches in Hochdruckströmungsrichtung S_{HD} nach dem ersten Wärmeübertrager 220 durchströmt ist und als Zwischendruck Drosselorgan ausgestaltet und vorteilhaft betrieben wird, in Abhängigkeit von einer Unterkühlungsabweichung U_a eines Ist-Unterkühlungswerts U_i von einem Soll-Unterkühlungswert U_s des Kältemittels an einem Austritt des ersten Wärmeübertragers 220 bestimmt. Der Unterkühlungswert U_i wird zumindest mit Hilfe des dritten Temperatursensor 509 bestimmt, wobei ein mit dem dritten Temperatursensor 509 gemessener Temperaturmesswert wenigstens eine Eingangsgröße für die Messung oder Bestimmung des Unterkühlungswerts U_i ist und vorteilhaft eine weitere Eingangsgröße eine aus dem Hochdruck berechnete Siedetemperatur T_{HD} ist. Eine zweite Stellgröße ZS für das erste Drosselorgan 230, welches in Kältemittelströmungsrichtung nach dem ersten Wärmeübertrager 220, als verflüssigender Wärmeübertrager, durchströmt ist, wird in Abhängigkeit wenigstens eines Prozesswerts PW des Dampfkompressionssystems 200 ermittelt, welcher in einem hinterlegten Berechnungsmodell zur zweiten Stellgröße ZS verarbeitet wird. Eine Verknüpfung der ersten Stellgröße ES erfolgt mit der zweiten Stellgröße ZS zur Bestimmung eines Sollstellwerts S_{ST} zur Einstellung des in Kältemittelströmungsrichtung nach dem ersten Wärmeübertrager 220 durchströmten ersten Drosselorgans 230, als Zwischendruck Drosselorgan. Das Zwischendruck Drosselorgan wird auf den Sollstellwert S_{ST} eingestellt.

[0109] Figur 6 zeigt eine Einheit 530 des Reglers 500, die Messgrößen MG wie den Hochdruck HD, einen Niederdruck ND, eine Verdichterdrehzahl oder eine andere Messgröße MG mittels einer Ermittlungseinrichtung EP für Messgrößen MG oder Prozesswerten PW aufnimmt, die weiter in eine Recheneinheit 540 über eine Einspeisungseinrichtung ER eingespeist werden. Weiterhin wird im Ausführungsbeispiel vorteilhaft die Sollunterkühlung U_s an die Recheneinheit 540 übermittelt.

[0110] In einer Recheneinheit 540 wird aus den eingespeisten Messwerten oder Messgrößen MG und vorteilhaft auch der Sollunterkühlung die zweite Stellgröße ZS ermittelt.

[0111] Die zweite Stellgröße wird von der Recheneinheit 540 an eine Stelleinheit 550 des Reglers weitergeleitet.

[0112] Eine erste Bestimmungseinheit 520 nimmt Daten des Soll-Unterkühlungswerts U_s und Daten des Ist-Unterkühlungswerts U_i , gemessen am Austritt des verflüssigenden Wärmeübertragers, auf oder berechnet diese aus Temperaturdifferenzdaten, womit vorteilhaft in der Bestimmungseinheit 520 eine Unterkühlungsabweichung U_a bestimmt wird.

[0113] Aus der Unterkühlungsabweichung U_a wird in der ersten Bestimmungseinheit 520 der erste Stellwert ES abgeleitet oder berechnet und von der ersten Bestimmungseinheit 520 bereitgestellt oder an die Stelleinheit 550 des Reglers übermittelt.

[0114] Die Stelleinheit 550 erfasst den ersten Stellwert ES und den zweiten Stellwert ZS, womit ein dritter Stellwert DS in der Stelleinheit ermittelt wird. Die dritte Stellgröße DS wird über einen Reglerausgang RA an eine Stelleinheit 560 übertragen, in welcher aus dem dritten Stellwert ein Steuersignal über einen Ventilsteuerausgang VA an das Zwischendruckdrosselorgan geleitet wird. Bei einem von einem Schrittmotor angesteuerten Drosselventil werden beispielsweise vier Steuerbahnen des Schrittmotors vom Ventilsteuerausgang VA bestromt. Der Regler 500 steuert somit das Zwischendruckdrosselorgan mit dem dritten Stellwert DS.

[0115] Eine Isobare ist in Figur 7 zwischen dem Kältemittelzustand "2" und dem Kältemittelzustand "3" gezeigt. Hier wird das Kältemittel im Heizmodus beim Hochdruck HD von einer ersten Hochdrucktemperatur auf eine zweite Hochdrucktemperatur abgekühlt, was im ersten Wärmeübertrager 220, dem im Heizmodus verflüssigenden Wärmeübertrager, der verflüssigend betrieben wird, passiert. Unter dem Begriff "Hochdrucktemperatur" ist die Kältemitteltemperatur im Hochdruckpfad zu verstehen. Die Abkühlung des Kältemittels erfolgt im ersten Wärmeübertrager 220 zunächst im Zuge einer Enthitzung gasförmigen Kältemittels und weiter bei einer Verflüssigung. In der Hochdruckströmungsrichtung des Kältemittels durch den ersten Wärmeübertrager 220 kondensiert fortlaufend nach der Enthitzung das Kältemittel. Beim Hochdruck HD wird das Kältemittel am Kondensationspunkt oder bei der Kondensationstemperatur TK fortlaufend verflüssigt. Eine weitere Energieabgabe des Kältemittels erfolgt dann durch eine Abkühlung des flüssigen Kältemittels unter die Kondensationstemperatur TK, wobei das Kältemittel im verflüssigenden Wärmeübertrager und das ist im Heizmodus der erst Wärmeübertrager 220, unterkühlt wird. Dabei wird das bereits verflüssigte Kältemittel durch Wärmeübertragung, an "kältere" mit der Rücklauftemperatur in thermischem Kontakt stehenden Wärmeübertragungsflächen weiter abgekühlt, mithin unterkühlt. Dieser als Unterkühlung benannte Vorgang erfolgt dadurch, dass eine Menge flüssiges Kältemittel bis zu einem Pegel im Verflüssiger, dem ersten Wärmeübertrager 220 zurückgehalten wird, was im Wesentlichen mit dem ersten Drosselorgan

230, dem Zwischendruck Drosselorgan erfolgt. Eine Unterkühlung erfolgt nach einem Gedanken der Erfindung auch schon durch Wärmeübertragung an den Wärmeübertragungsflächen ohne Rückstauung durch das erste Drosselorgan 230. Bei einem Rückstau und einer Erhöhung des Pegel erfolgt dann jeweils eine Erhöhung der Wärmeübertragung und damit eine Vergrößerung der Unterkühlung. Der Grad dieser Wärmeübertragung zur Unterkühlung des Kältemittels ist abhängig vom Pegel flüssigen Kältemittels im verflüssigenden Wärmeübertrager, weil damit die Wärmeübertragungsfläche zwischen dem flüssigem Kältemittel und dem Wärmeträgermedium beeinflusst wird. Die Einstellung der gewünschten Unterkühlung erfolgt durch einen Grad des Rückstaus des Kältemittels im verflüssigenden Wärmeübertrager, was insbesondere mit dem Zwischendruck Drosselorgan erfolgt, welches im Heizmodus vorteilhaft das erste Drosselorgan 230 und im Kühlmodus vorteilhaft das zweite Drosselorgan 235 ist. In Figur 7 ist die Enthalpie des Kältemittels bei der Kondensationstemperatur am Punkt TK definiert, an dem die gestrichelte Linie auf die Linie des Hochdrucks HD trifft, welche die Grenze zwischen Kondensation und Unterkühlung, also der Phasenübergang zwischen Nassdampf und Flüssigkeit darstellt. Zwischen "2" und "TK" enthält der erste Wärmeübertrager 220 gasförmige und flüssige Kältemittelanteile. Zwischen "TK" und "3" ist das Kältemittel beim Hochdruck HD flüssig und steht bis zum Pegel im ersten Wärmeübertrager 220.

[0116] Dann wird das Kältemittel gemäß dem Verfahren mit dem ersten Drosselorgan 230 auf den Zwischendruck ZD entspannt, wobei das Kältemittel einen Kältemittelzustand "4" erreicht und eine Verortung von Druck und Enthalpie des im Zwischendruckkreis befindlichen KM erzielt wird.

[0117] Beim Kältemittel ist dessen innerer Zustand durch Druck (Temperatur) und Enthalpie "verortet" oder definiert. Hier ist insbesondere gemeint, dass die Konstellation von Druck und Enthalpie einen Kältemittelzustand beim Phasenübergang zwischen "flüssig" und "Nassdampf" darstellt.

[0118] Dabei ist der Zwischendruck ZD niedriger als der Hochdruck HD und das auf dem Zwischendruck ZD befindliche Kältemittel wird dem Kältemittelsammler 260 zugeführt. Von hier aus, also vom Kältemittelzustand "4" erfolgt eine weitere Entspannung im zweiten Drosselorgan 235 auf den Niederdruck ND. Das Kältemittel wird dann beim Niederdruck ND dem zweiten Wärmeübertrager 240, dem verdampfenden Wärmeübertrager, zugeführt in dem das Kältemittel in etwa isobar verdampft und vorteilhaft überhitzt wird, von "5" nach "1". Eine ideale, komplette isobare Verdampfung wird real kaum erreicht werden, da bisweilen ein Druckabfall von bis zu einem bar im Verdampfer durch eine unerwünschte Drosselung entsteht.

[0119] Der Pegel von flüssigem Kältemittel im verflüssigenden Wärmeübertrager, das ist im Heizmodus der erste Wärmeübertrager 220, wird vorteilhaft wesentlich

durch das Zwischendruckdrosselorgan, das ist im Heizmodus das erste Drosselorgan 230, bestimmt. Das erste Drosselorgan 230 wird verfahrensgemäß so angesteuert, dass ein gewünschter Pegel oder eine gewünschte Masse an flüssigem Kältemittel im verflüssigenden Wärmeübertrager, im Heizfall dem ersten Wärmeübertrager 220, verbleibt.

[0120] Der Pegel von flüssigem Kältemittel im verflüssigenden Wärmeübertrager, das ist vorteilhaft im Kühlmodus der zweite Wärmeübertrager 240, wird vorteilhaft wesentlich durch das Zwischendruckdrosselorgan, das ist im Kühlmodus das zweite Drosselorgan 235, bestimmt. Das zweite Drosselorgan 230 wird verfahrensgemäß vom Regler 500 dann im Kühlmodus so angesteuert, dass ein gewünschter Pegel oder eine gewünschte Masse an flüssigem Kältemittel im verflüssigenden Wärmeübertrager, das ist im Kühlfall der zweite Wärmeübertrager 240, verbleibt.

[0121] In Fig. 8 ist auf der X-Achse eine Temperaturdifferenz des Wärmesenkenmediums, also die Wärmeträgermedium-Temperaturdifferenz ΔT , aufgetragen und auf der y-Achse die berechnete Sollunterkühlung U_s . Weiterhin ist ein Offset-Unterstützungswert U_{offs} als vorteilhaft parallele Verschiebung aufgezeigt.

[0122] In Fig. 9 ist zusätzlich eine Minimumbegrenzung für die Sollunterkühlung, mithin ein minimaler Offset-Unterstützungswert U_{offsmin} vorgesehen, der im Ausführungsbeispiel vorteilhaft auf 1 K begrenzt ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Wärmepumpe (100) mit einem Dampfkompensationssystem (200) in welchem ein zumindest anteilig gasförmiges Kältemittel von einem mittels eines Reglers (500) gesteuerten Verdichter (210) von einem Niederdruck ND auf einen Hochdruck HD verdichtet wird,

das Kältemittel durch einen nach dem Verdichter (210) betriebenen verflüssigenden Wärmeübertrager getrieben wird, wobei eine Verflüssigung des Kältemittels erfolgt,

das Kältemittel zu einem vom Regler (500) gesteuerten Zwischendruck-Drosselorgan geleitet ist, mit welchem das Kältemittel auf einen Zwischendruck ZD entspannt wird,

das auf den Zwischendruck ZD entspannte Kältemittel in einen Sammler (260) für das Kältemittel geleitet ist,

das Kältemittel flüssig aus dem Sammler (260) zu einem vom Regler (500) gesteuerten Niederdruck Drosselorgan geführt ist, mit welchem das Kältemittel auf einen Niederdruck ND entspannt wird,

das auf dem Niederdruck ND befindliche Kältemittel in einem verdampfenden Wärmeübertrager verdampft,

enthaltend die Verfahrensschritte, bestimmen einer ersten Stellgröße ES für das Zwischendruck-Drosselorgan, durch welches das Kältemittel nach dem verflüssigenden Wärmeübertrager strömt, in Abhängigkeit von einer Unterkühlungsabweichung U_a eines Ist-Unterstützungswerts U_i von einem Soll-Unterstützungswert U_s des Kältemittels an einem Austritt des verflüssigenden Wärmeübertragers, bestimmen einer zweiten Stellgröße ZS für das Zwischendruck Drosselorgan, durch welches das Kältemittel nach dem verflüssigenden Wärmeübertrager strömt, in Abhängigkeit wenigstens eines Prozesswerts PW des Dampfkompensationssystems (200) welcher in einem hinterlegten Berechnungsmodell zur zweiten Stellgröße ZS verarbeitet wird, Verknüpfung der ersten Stellgröße ES mit der zweiten Stellgröße ZS zur Bestimmung eines Sollstellwerts SST, zur Einstellung des nach dem verflüssigenden Wärmeübertrager durchströmten Zwischendruck-Drosselorgans auf den Sollstellwert S_{ST} .

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei

das Kältemittel in einem Heizmodus in einer Hochdruckströmungsrichtung S_{HD} durch den verflüssigenden Wärmeübertrager getrieben wird, in dem das Kältemittel bei der Verflüssigung eine Wärme Q_h mit einem Wärmeträgermedium austauscht, das Kältemittel weiter in der Hochdruckströmungsrichtung S_{HD} der Reihe nach erst durch das Zwischendruck-Drosselorgan geleitet ist, bevor es zum Niederdruck-Drosselorgan geleitet wird und dann in dem verdampfenden Wärmeübertrager bei einem Austausch mit einer Quellwärme Q_Q verdampft.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei

das Kältemittel in einem Kühlmodus in einer Hochdruck-Kühl-Strömungsrichtung S_{HDK} durch den verflüssigenden Wärmeübertrager getrieben wird, in dem das Kältemittel bei der Verflüssigung die Quellwärme Q_Q mit dem Wärmeträgermedium austauscht, das Kältemittel in der Hochdruck-Kühl-Strömungsrichtung S_{HDK} zu dem Zwischendruck-Drosselorgan geleitet ist, bevor es zum Niederdruck-Drosselorgan geleitet wird und in dem verdampfenden Wärmeübertrager bei einem Austausch mit der Wärme Q_h verdampft.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, enthaltend folgende Verfahrensschritte, dass

- der Hochdruck HD des Kältemittels gemessen wird,
eine Kondensationstemperatur T_{Kd} mit dem gemessenen Hochdruck HD aus einer Dampfdruckkurve des Kältemittels berechnet wird,
eine Kältemitteltemperatur T_{KA} am Austritt des verdampfenden Wärmeübertragers gemessen wird und
der Ist-Unterkühlungswert U_i des Kältemittels aus der Differenz der Kältemitteltemperatur T_{KA} und der Kondensationstemperatur T_{Kd} ermittelt wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche enthaltend folgende Verfahrensschritte, dass
- der Soll-Unterkühlungswert U_s in Abhängigkeit von Prozesswerten PW des Dampfkompres- sionssystems ermittelt wird, wobei
der Soll-Unterkühlungswert U_s wenigstens im Heizmodus abhängig von einer Wärmeträger- medium-Temperaturdifferenz ΔT eingestellt wird, wobei
die Wärmeträgermedium-Temperaturdifferenz ΔT aus einer Vorlauftemperatur und einer Rücklauf- temperatur des Wärmeträgermediums bestimmt wird, wobei
der Soll-Unterkühlungswert U_s auf 50 % bis 110 % der Wärmeträgermedium-Temperaturdiffe- renz ΔT eingestellt wird,
besonders vorteilhaft zwischen 70 % und 90 % , insbesondere ca. 80 %.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, enthaltend den folgenden Verfahrensschritt, dass der Soll-Unterkühlungswert U_s in einem spe- ziellen Bereich der Wärmeträgermedium-Tempera- turdifferenz ΔT auf einen speziellen Soll-Unter- kühlungswert U_{ss} gebracht wird, der vom Soll-Unter- kühlungswert U_s abweicht, wobei zum Soll-Unter- kühlungswert U_s ein Offset-Unterkühlungswert U_o zuaddiert wird, der Soll-Unterkühlungswert U_s auf einen Offset-Unterkühlungsbetrag U_{offs} gesetzt wird oder der Soll-Unterkühlungswert U_s mit einem spe- ziellen Offset-Wert U_{ow} modifiziert wird .
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 5 oder 6, enthaltend den folgenden Verfahrensschritt, dass
die Wärmeträgermedium-Temperaturdifferenz ΔT auf eine vorgegebene Spreizung zwischen 4 K bis 15 K eingestellt wird, besonders vorteilhaft zwischen 7 K bis 13 K und besonders zwischen 9 K bis 11 K.
8. Verfahren nach Anspruch 5, enthaltend den folgen- den Verfahrensschritt, dass der Soll-Unterkühlungs- wert U_s zwischen ca. 5 K und 10 K, um ca. 7 K und insbesondere zwischen 6 K und 9 K eingestellt wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü- che, enthaltend den folgenden Verfahrensschritt, dass
eine Füllmenge von Kältemittel im verflüssigenden Wärmeübertrager zwischen einer minimalen Füll- menge von ca. 0,5 % und einer Füllmenge von 80 % in Abhängigkeit einer Heizleistung, der Sollunter- kühlung U_{Ksoll} des Hochdrucks HD und einer Kontur des verflüssigendes Wärmeübertragers (220, 240), insbesondere Konturen innerer Wäremübertra- gungsflächen, an denen das Kältemittel anhaftet, beträgt.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü- che, enthaltend folgende Verfahrensschritte, dass
der Soll-Unterkühlungswert U_s in Abhängigkeit wenigstens einer Einsatzgrenze wenigstens einer Kältekreislaufkomponente geändert wird, insbesondere der Einsatzgrenze bezüglich eines minimalem oder maximalem zulässigen Be- triebsdruck der im Kältemittelkreislauf enthalte- nen Komponenten, wobei
zur Einhaltung der Einsatzgrenze von einem Wirkungsgradoptimum abgewichen wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, enthaltend folgende Verfahrensschritte, dass der Soll-Unterkühlungs- wert U_s reduziert wird, wenn der Kältemitteldruck im Hochdruckbereich einem maximalen Hochdruck HD_{max} nahekommt, insbesondere ca. 1 bar nahe, womit der Hochdruck HD sicher unter dem Hoch- druck HD_{max} bleibt, wobei vorteilhaft über einen Maximaldruckparameter eingestellt werden kann, wie nahe der Hochdruck HD dem maximalen Hoch- druck HD_{max} kommen darf, wobei insbesondere Maximaldruckparameter eingestellt werden womit der maximale Hochdruck HD_{max} mit Werten von ca. 1 bar und weniger eingestellt werden kann und vorzugsweise über einen P-Regler der Hochdruck HD sicherheitshalber eingedämmt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 10, enthaltend folgende Verfahrensschritte, dass der Soll-Unterkühlungs- wert U_s erhöht wird, wenn der Kältemitteldruck im Hochdruckbereich einem minimalen Hochdruck HD_{min} nahekommt, insbesondere ca. 1 bar nahe, damit der minimale Hochdruck HD sicher nicht unter- schritten wird, wobei vorteilhaft an einer HD_{min} -Grenze der Hochdruck mit ca. 1 bar oder weniger erhöht wird.
13. Verfahren nach Anspruch 10, 11 oder 12, wobei wenigstens ca. 2 bar Differenzdruck am Kompressor erzielt werden, damit ein Metallblade des Rollkol- benkompressors insbesondere ein Auslassventil geschlossen wird, wobei bei einem Betrieb mit einer optimalen Unterkühlung nicht der Minstdifferenz-

- druck erzielt wird vorteilhaft der Soll Unterkühlungswert U_s erhöht wird und weiterhin besonders vorteilhaft eine Abstimmung von Hochdruck HD und der Unterkühlung U_i zu einem Optimum führt und bei Einsatzgrenzen um den minimalen oder den maximalen Betriebsdruck vom Wirkungsgradoptimum abgewichen wird.
14. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, enthaltend die folgende Verfahrensschritte, wobei eine Reduzierung des Soll-Unterkühlungswert U_s abhängig von einer Temperaturdifferenz, gebildet aus der Vorlauf-temperatur mit der Kondensationstemperatur T_{Kd} erfolgt, wobei der Soll-Unterkühlungswert U_s vermindert wird, wenn die vorlaufseitige Temperaturdifferenz, die mittels Differenzbildung aus der Kondensationstemperatur T_{Kd} mit der Vorlauf-temperatur gebildet wird, einen vorgegebenen Wert überschreitet, womit eine Diskrepanz zwischen einerseits möglichst viel Kältemittel im verflüssigenden Wärmeübertrager, aber andererseits nicht zu viel flüssigem Kältemittel im verflüssigenden Wärmeübertrager gelöst ist, damit genug Kondensationsfläche zur Verfügung steht.
15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei bei einer hohen Leistung die Wärmeübertragungsfläche des verflüssigenden Wärmeübertragers, an welcher Wärmeübertragungsfläche im verflüssigenden Wärmeübertrager eine Kondensation von Kältemittel stattfinden kann, für eine verbesserte Kondensation vergrößert wird, wobei in einem Extremfall kein Pegel von Kältemittel im verflüssigenden Wärmeübertrager steht, was ermittelt wird, wenn die Kondensationstemperatur T_{Kd} nennenswert über die Vorlauf-temperatur steigt.
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in das Berechnungsmodell wenigstens einer oder mehrere der folgenden Werte eingeht:
- der Kältemittelmassenstrom \dot{m} , insbesondere berechnet aus dem Hochdruck HD, dem Niederdruck ND und Verdichterdrehzahl VD
 - die Sollunterkühlung U_s ,
 - ein Offsetwert des Drosselorgans,
 - eine kältekreispezifische Konstante,
 - wenigstens ein Exponent als kältekreispezifische Größe,
 - der Hochdruck HD,
 - der Niederdruck ND oder
 - die Verdichterdrehzahl VD.
17. Verfahren nach Anspruch 16, enthaltend die Verfahrensschritte, dass der Kältemittelmassenstrom aus Kältemittelkreislauf-Prozesswerten PW berechnet wird, insbesondere aus dem Niederdruck ND, dem Hochdruck HD und Verdichterdrehzahl VD.
18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, enthaltend die Verfahrensschritte, dass der Hochdruck HD zur Bestimmung des Unterkühlungswerts U_i am Austritt des jeweils verflüssigenden Wärmeübertrager mit einer Druckabfallkompensation zu einem korrigierten Hochdruck H_{DK} verrechnet wird und mit diesem korrigierten Hochdruck H_{DK} ein Unterkühlungswert U_i nach dem verflüssigendem Wärmeübertrager bestimmt wird.
19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, enthaltend die Verfahrensschritte,
- dass ein Heiz-Druckabfallkompensationswert berechnet wird, wenn das Dampfkompressionssystem im Heizmodus betrieben wird, dass ein Kühl-Druckabfallkompensationswert berechnet wird, wenn das Dampfkompressionssystem im Kühlmodus betrieben wird und mit dem Heiz-Druckabfallkompensationswert oder dem Kühl-Druckabfallkompensationswert der Unterkühlungswert U_i nach dem verflüssigendem Wärmeübertrager korrigiert wird.
20. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, enthaltend folgende Verfahrensschritte, dass
- der Hochdruck HD in einem Hochdruckpfad des Kältekreis gemessen wird, die Kondensationstemperatur T_{Kd} mit dem gemessenen Hochdruck HD und einem Druckabfallkorrekturwert aus einer Dampfdruckkurve berechnet wird, wobei der Druckabfallkorrekturwert eine modellbasiert berechnete Druckdifferenz zwischen dem Hochdruck HD und der Kältemitteltemperatur T_{KA} repräsentiert, die Kältemitteltemperatur T_{KA} zwischen dem verflüssigenden Wärmeübertrager und dem Zwischendruck-Drosselorgan gemessen wird und der Ist-Unterkühlungswerts U_i des Kältemittels aus der Differenz der Kältemitteltemperatur TKA und der insbesondere Druckdifferenz korrigierten Kondensationstemperatur T_{Kd} ermittelt wird.
21. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, enthaltend folgende Verfahrensschritte, dass die erste Stellgröße ES als Faktor berechnet ist, welcher durch einen Regelanteil wie einen Proportionalanteil und/oder einen Integralanteil und/oder einen Differentialanteil als Funktion der Unterkühlungsabweichung U_a beeinflusst wird.
22. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, enthaltend folgende Verfahrensschritte, dass

aus der erste Stellgröße ES und der zweiten Stellgröße ZS der Sollstellwert SST berechnet wird, wobei

in einem ersten Schritt von der zweiten Stellgröße ZS, nämlich einem theoretischen Öffnungsgrad des Expansionsventils, ein Offset - Öffnungsgrad zu einem Offset- bereinigten theoretischen Öffnungsgrad subtrahiert wird,

in einem zweiten Schritt der Offset- bereinigte theoretische Öffnungsgrad aus dem ersten Schritt mit der ersten Stellgröße ES zu einem Offset bereinigten Stellwert multipliziert wird, wobei

in einem dritten Schritt der Offset bereinigten Stellwert aus dem zweiten Schritt und der Offset - Öffnungsgrad addiert werden

womit eine gleichbleibende Regelkreisverstärkung des nach dem verflüssigenden Wärmeübertrager durchströmten Drosselorgan in seinem Arbeitsbereich erzielt wird.

23. Wärmepumpe (100) enthaltend ein Dampfkompres- sionssystem mit

einem verflüssigendem Wärmeübertrager, ge- eignet nach einem der vorhergehenden Verfah- ren betrieben zu werden,

mit einem Verdichter (210), einem verdampfen- den Wärmeübertrager, einem ersten Drossel- organ, einem Kältemittelsammler (260), einem zweiten Drosselorgan,

einer Regelung (500) mit einer ersten Bestim- mungseinheit (520) zum Bestimmen einer ers- ten Stellgröße ES für das wenigstens eine Zwi- schendruck Drosselorgan, welches in Abhän- gigkeit von der Abweichung eines Ist-Unterküh- lungswerts U_i des Kältemittels von einem Soll- Unterkühlungswert U_s des Kältemittels an ei- nem Austritt des verflüssigenden Wärmeüber- tragers geregelt wird,

einer Einheit (530) zum Ermitteln von Messgrö- ßen MG zur Einspeisung in ein Berechnungs- modell für eine zweite Stellgröße ZS für das Zwischendruck Drosselorgan, einer Rechen- einheit (540) zum modellbasierten Berechnen der zweiten Stellgröße ZS für das Zwischen- druck Drosselorgan anhand des Berechnungs- modells aus den ermittelten Messgrößen MG und spezifischen Größen des Dampfkompres- sionskreislaufs oder Prozesswerte PW,

einer zweiten Bestimmungseinheit (550) zum Bestimmen eines dritten Stellwertes DS für das Zwischendruck-Drosselorgan durch Ver- knüpfung des ersten Stellwerts mit dem zweiten Stellwert und

einer Stelleinheit (560) zum Einstellen des Zwi- schendruck Drosselorgans auf den dritten Stell- wert DS.

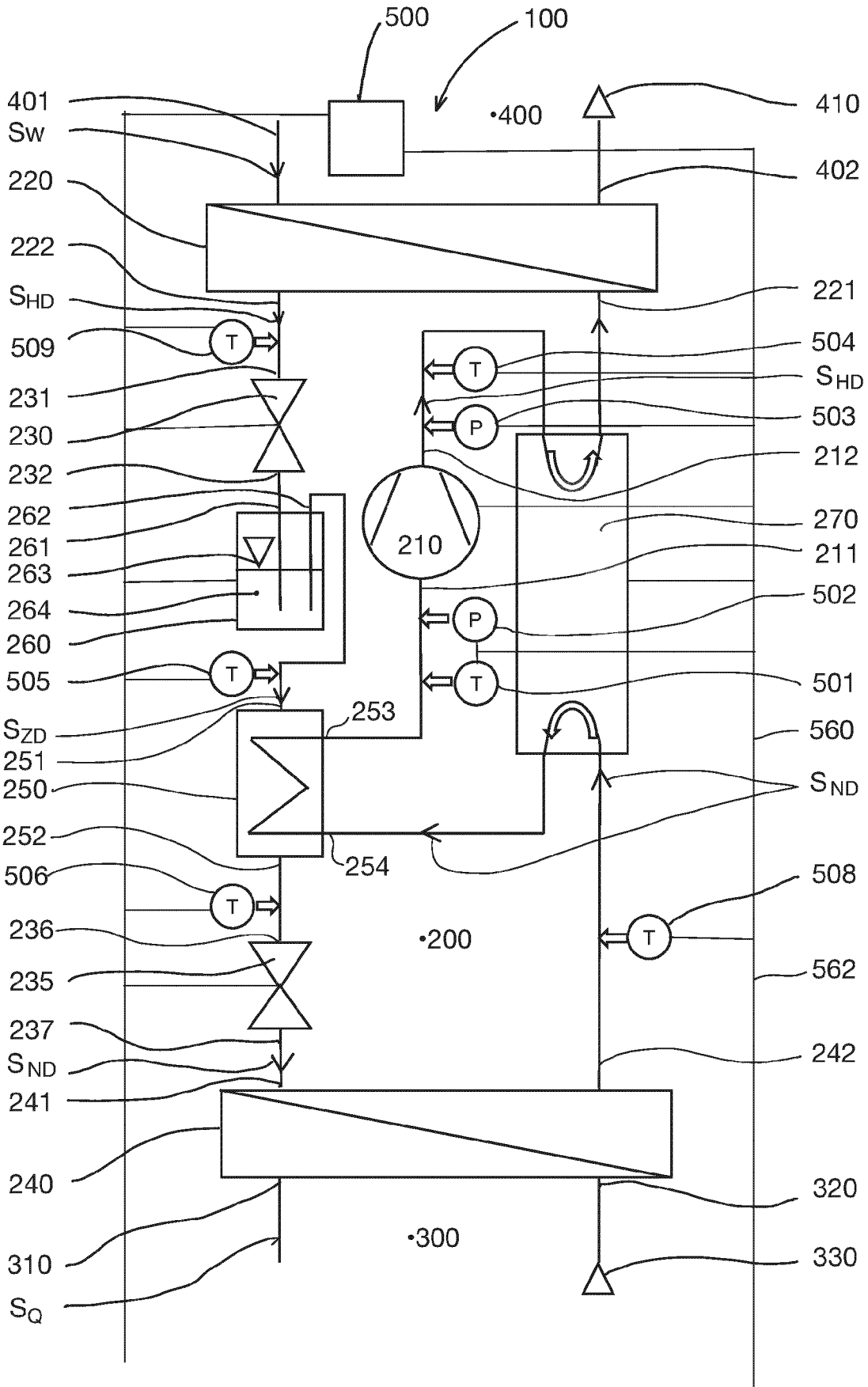


Fig. 1

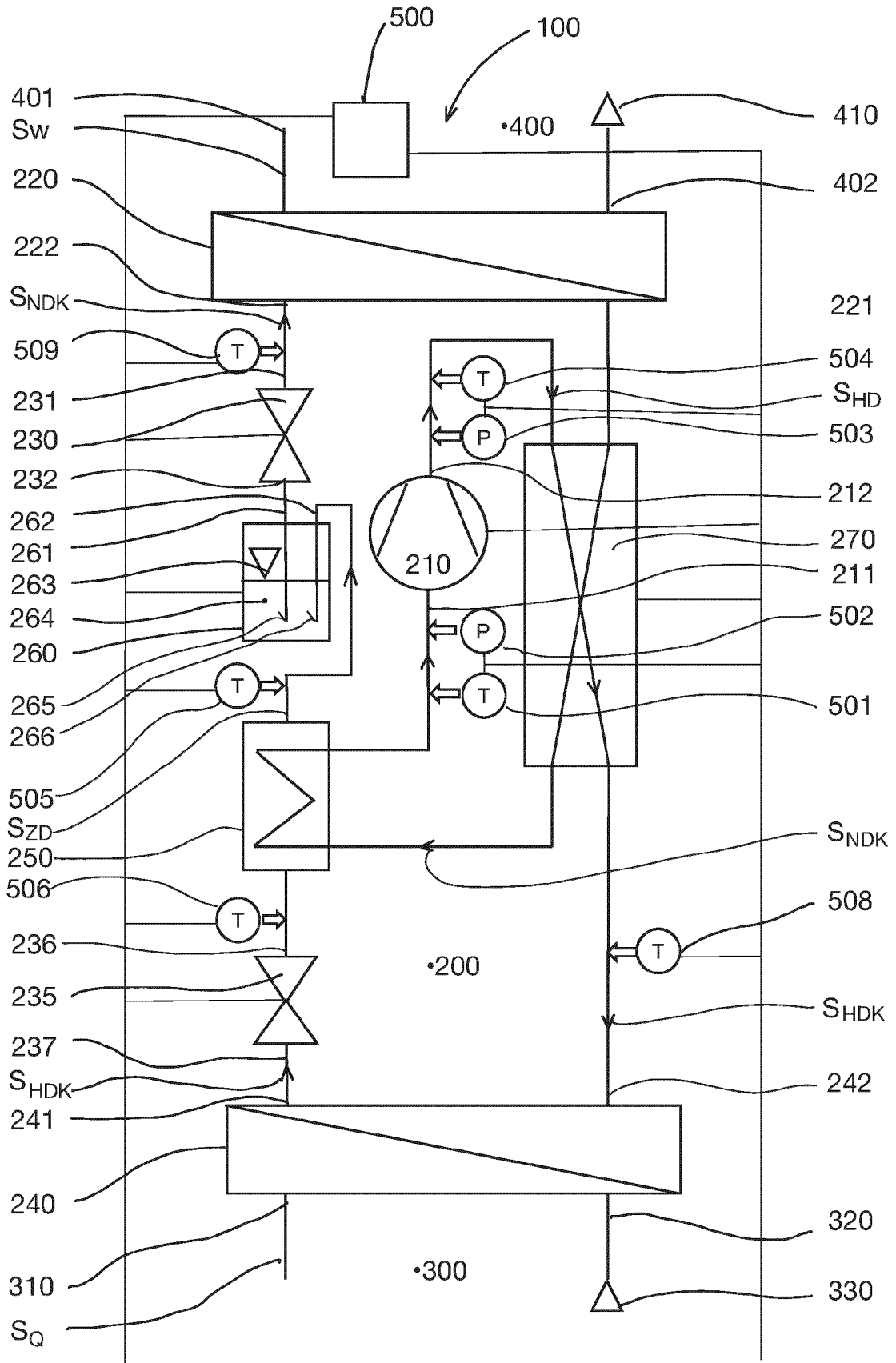


Fig.2

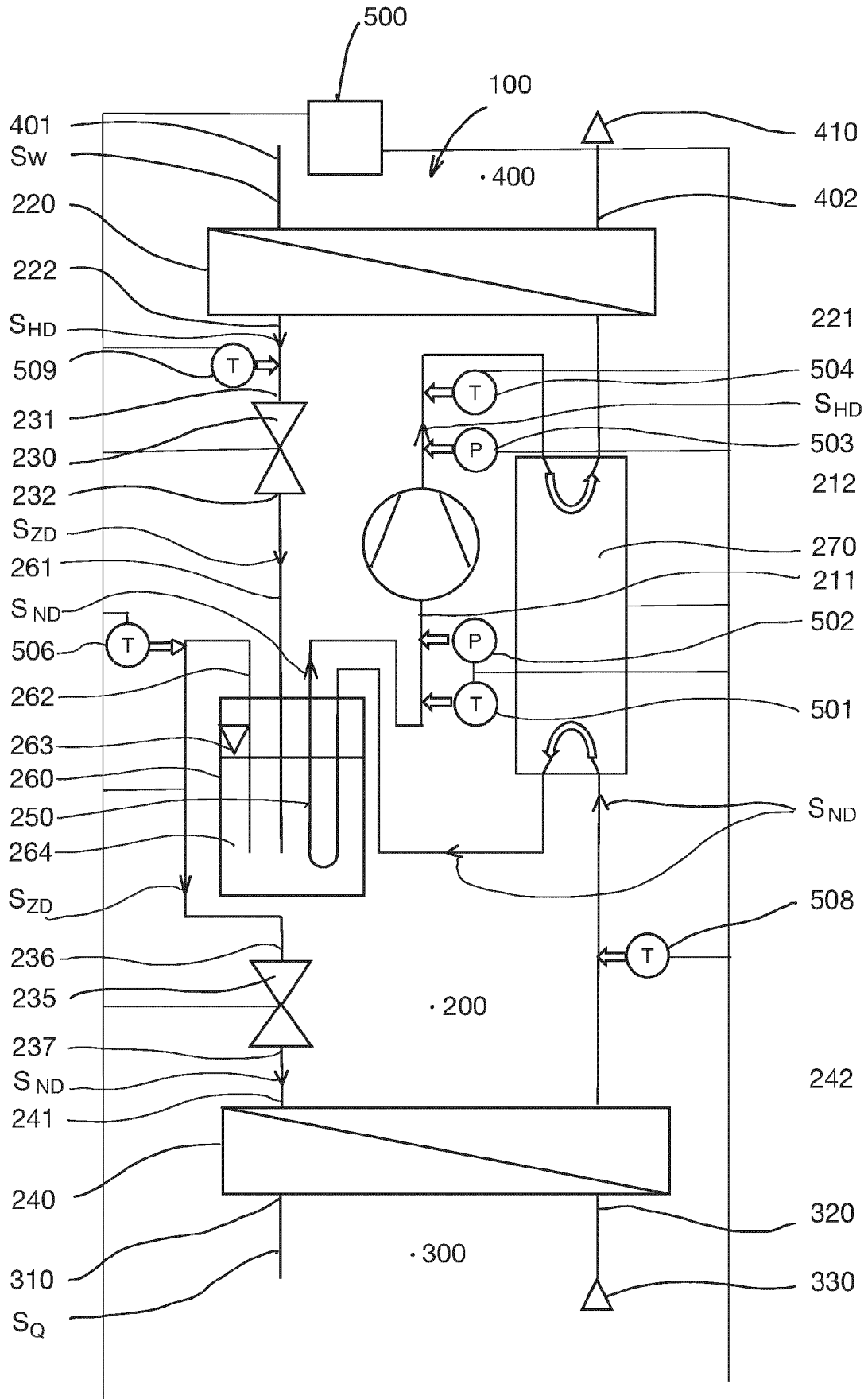


Fig. 3

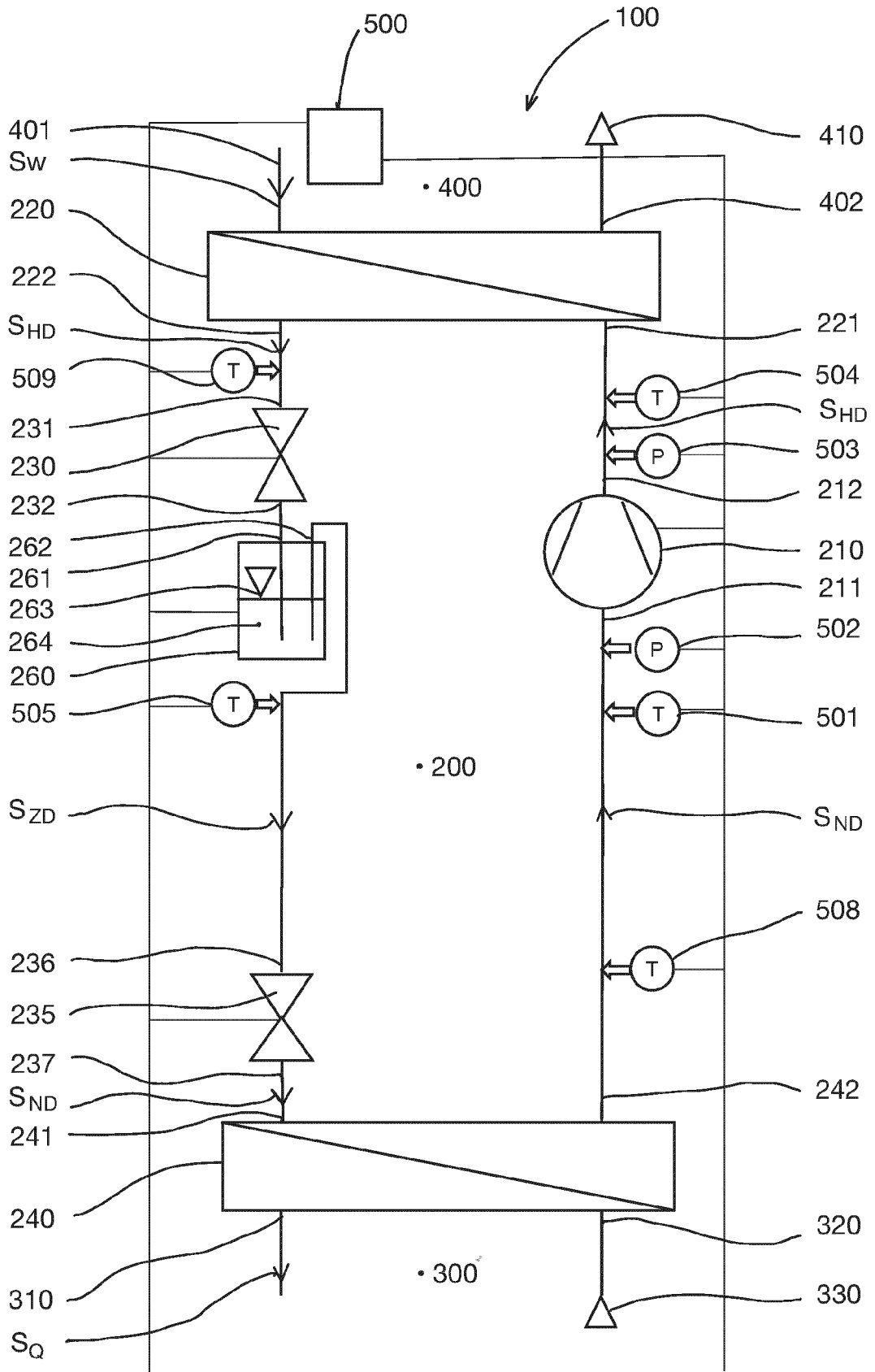


Fig.5

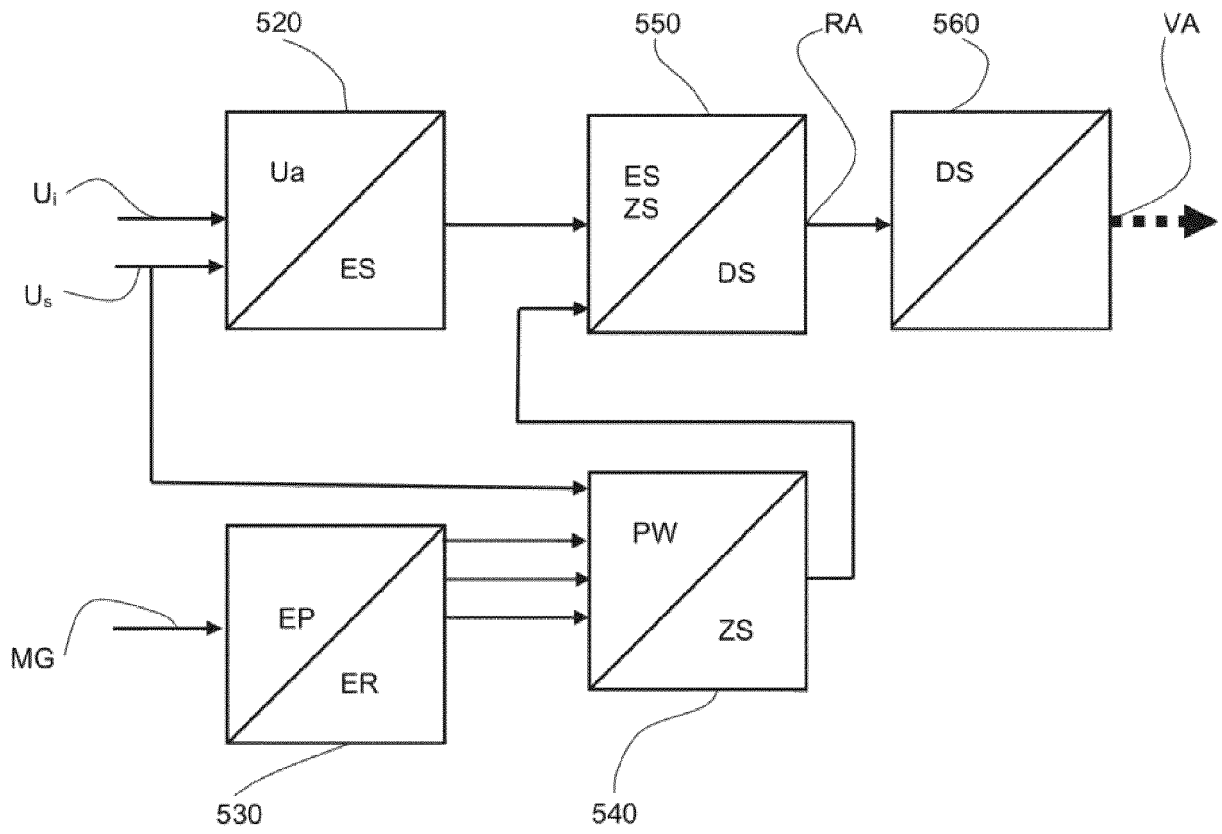


Fig. 6

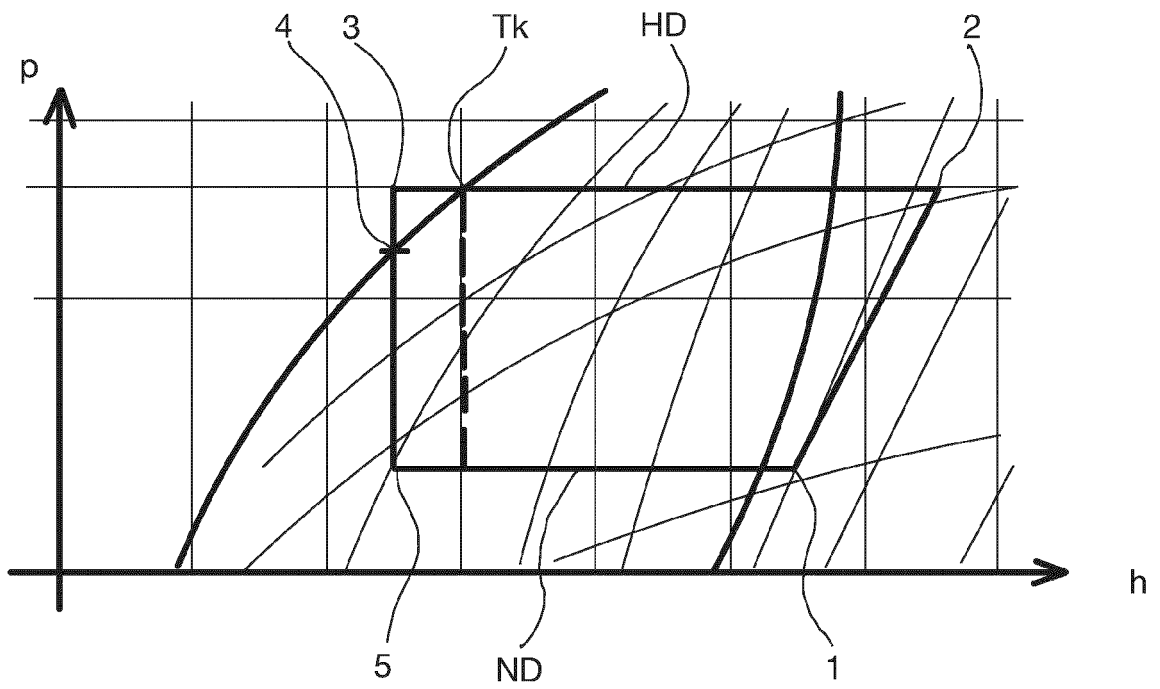


Fig. 7

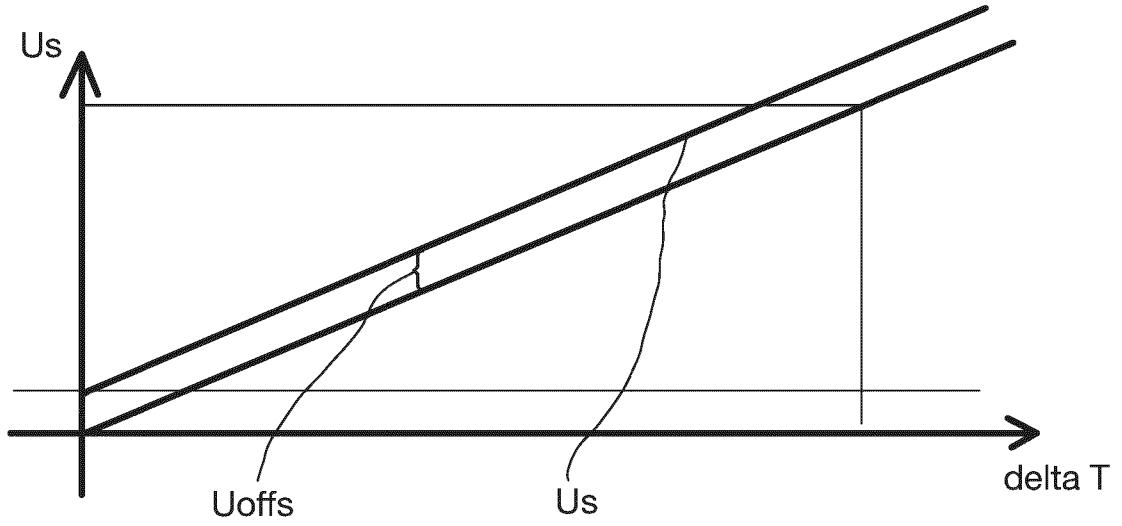


Fig. 8

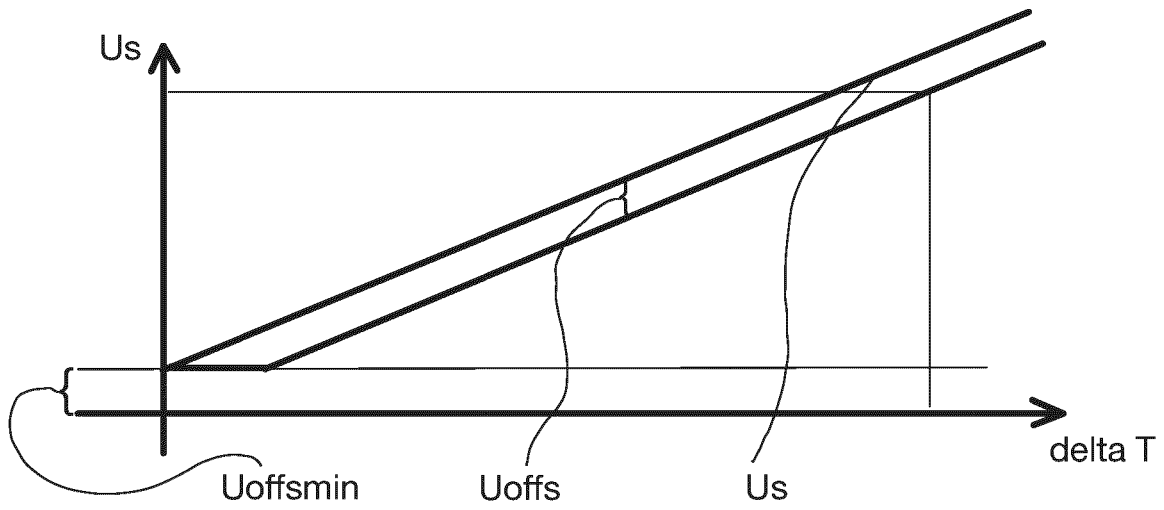


Fig. 9



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 24 21 5454

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)
Y	JP 2003 139382 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 14. Mai 2003 (2003-05-14) * Absätze [0027], [0034]; Abbildung 2 * -----	1-14, 16-23	INV. F25B13/00 F25B25/00 F25B30/02 F25B41/39 F25B49/02
Y	US 2022/106513 A1 (ITANO MITSUSHI [JP] ET AL) 7. April 2022 (2022-04-07) * Absätze [0288], [0948] - [2237]; Abbildung 3M * -----	1-23	
Y	EP 1 965 160 B1 (STIEBEL ELTRON GMBH & CO KG [DE]) 25. Mai 2022 (2022-05-25) * Absätze [0010] - [0011], [0016] - [0020]; Abbildungen 1-2 * -----	1-23	
Y	EP 1 965 158 A2 (STIEBEL ELTRON GMBH & CO KG [DE]) 3. September 2008 (2008-09-03) * Absätze [0020] - [0021], [0062]; Abbildungen 1-2 * -----	1-23	
Y	CN 103 486 691 B (QINGDAO HISENSE HITACHI AIR CONDITIONING SYSTEM CO LTD) 30. September 2015 (2015-09-30) * Ansprüche 9,10 * -----	5,6,14	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F25B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 9. Mai 2025	Prüfer Lepers, Joachim
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 (F04C03)

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

EP 24 21 5454

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.

09-05-2025

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2003139382 A	14-05-2003	JP 3852571 B2	29-11-2006
		JP 2003139382 A	14-05-2003
US 2022106513 A1	07-04-2022	CN 113993973 A	28-01-2022
		EP 3988864 A1	27-04-2022
		JP 6777260 B1	28-10-2020
		JP 2021001321 A	07-01-2021
		US 2022106513 A1	07-04-2022
		WO 2020256126 A1	24-12-2020
EP 1965160 B1	25-05-2022	DE 102007010645 A1	04-09-2008
		EP 1965160 A2	03-09-2008
		JP 2008215806 A	18-09-2008
		PL 1965160 T3	12-09-2022
EP 1965158 A2	03-09-2008	DE 102007010647 A1	25-09-2008
		EP 1965158 A2	03-09-2008
		JP 5583795 B2	03-09-2014
		JP 2008215807 A	18-09-2008
		JP 2013092366 A	16-05-2013
CN 103486691 B	30-09-2015	KEINE	

15

20

25

30

35

40

45

50

55

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

- DE 10103150 B4 [0003]
- EP 2664868 B1 [0004]