



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43)

Veröffentlichungstag:  
13.03.2024 Patentblatt 2024/11

(51)

Internationale Patentklassifikation (IPC):  
F25B 41/20 (2021.01) F25B 49/02 (2006.01)  
F25B 25/00 (2006.01)

(21)

Anmeldenummer: 23195128.6

(52)

Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
F25B 49/02; F25B 41/20; F25B 49/027;  
F25B 25/005; F25B 2339/047; F25B 2400/04;  
F25B 2600/111; F25B 2600/2501; F25B 2700/1931;  
F25B 2700/2106

(22)

Anmeldetag: 04.09.2023

(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:  
KH MA MD TN

(71)

Anmelder: Lauda Dr. R. Wobser GmbH & Co. KG  
97922 Lauda-Königshofen (DE)

(72)

Erfinder: Semrau, Alfred  
97947 Grünsfeld (DE)

(74)

Vertreter: Zimmermann & Partner  
Patentanwälte mbB  
Postfach 330 920  
80069 München (DE)

(30)

Priorität: 06.09.2022 DE 102022122589

(54)

KÄLTEANLAGE UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER KÄLTEANLAGE

(57)

Kälteanlage (100), insbesondere zum Kühlen eines Ziel-Fluids auf eine Zieltemperatur zwischen -80°C und +30°C mittels Umgebungsluft, umfassend ein Kompressor-Kältemittelsystem (105) mit einem Kompressor (125) und einem Ziel-Wärmetauscher (110) zum Kühlen des Ziel-Fluids; weiter umfassend ein Naturumlauf-Käl-

temittelsystem (140) mit einem Umgebungsluft-Kondensator (145) und einem Steuerventil (165), und mit einem Zwischen-Wärmetauscher (120), welcher das Naturumlauf-Kältemittelsystem (140) mit dem Kompressor-Kältemittelsystem (105) koppelt.

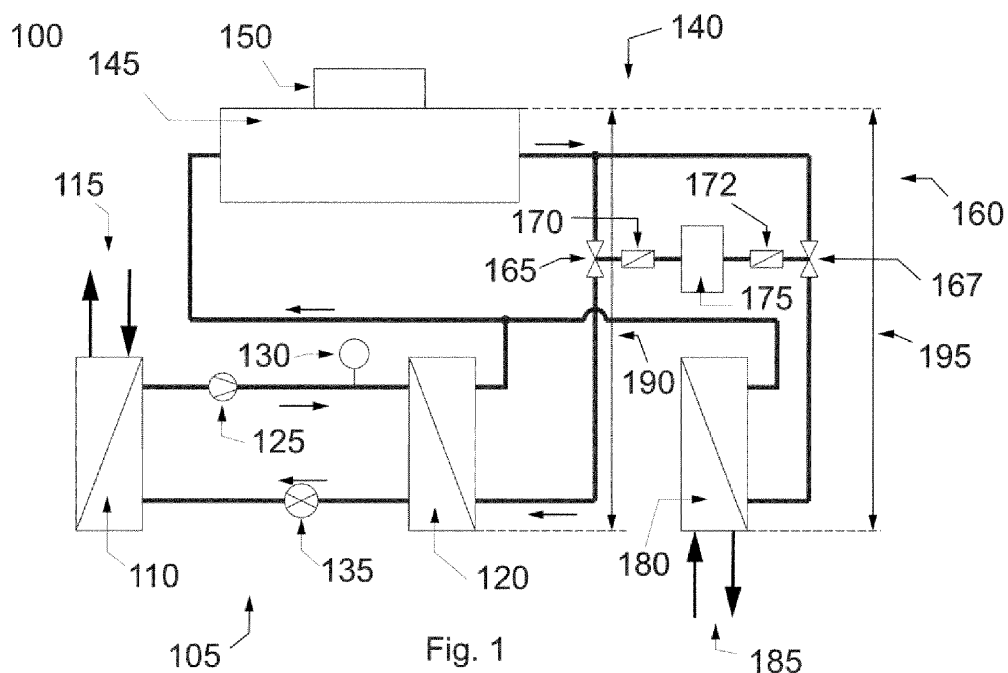


Fig. 1

## Beschreibung

### Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Kälteanlage und ein Verfahren zum Betreiben einer Kälteanlage.

### Stand der Technik

**[0002]** Bei Tankstellen, welche Wasserstoff zur Betankung von Fahrzeugen bereitstellen, muss der Wasserstoff gekühlt werden. Bei Kälteanlagen aus dem Stand der Technik kann bei tiefen Außentemperaturen der Druck im kältemittelführenden System absinken oder beim Anlauf des Kompressors der Kältemaschine gar nicht aufgebaut werden.

**[0003]** Zur Lösung dieses Problems können Kondensator-Druckregler einen Anstau des Kondensats im luftgekühlten Verflüssiger herbeiführen, um die freie Fläche des Wärmeübertragers zu verringern. Diese konventionelle Art der Leistungsbegrenzung ist vergleichsweise teuer und bedarf erhöhter Kältemittelmengen, um den Anstau zu ermöglichen. Diese Art der Leistungsbegrenzung bringt höhere Kosten und weitere Nachteile in Form von Umweltbelastung und bei brennbaren Kältemitteln höhere Gefährdung und Brandlast mit sich. Ein weiteres Problem bei großen Kältemittelmengen kann eine Verlagerung von erheblichen Mengen Kältemittel in das Schmieröl des Verdichters sein.

### Offenbarung der Erfindung

**[0004]** Aufgabe der Erfindung ist es, bekannte Kälteanlagen zu verbessern, insbesondere soll eine Menge an verwendetem Kältemittel minimiert werden, das Prozesskühlaggregat soll auch bei vergleichsweise tiefen Außentemperaturen gute Starteigenschaften aufweisen und eine Kältemittelverlagerung in das Schmieröl des Verdichters soll minimiert werden sowie eine Energieeffizienz möglichst verbessert werden.

**[0005]** Die Aufgabe wird mit einer Kälteanlage nach dem Anspruch 1 und mit einem Verfahren nach dem nebengeordneten Anspruch gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen und aus dieser Beschreibung.

**[0006]** Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft eine Kälteanlage, insbesondere zum Kühlen eines Ziel-Fluids auf eine Zieltemperatur zwischen -80°C und +30°C mittels Umgebungsluft, umfassend: ein Kompressor-Kältemittelsystem mit einem Kompressor und einem Ziel-Wärmetauscher zum Kühlen des Ziel-Fluids; weiter umfassend ein Naturumlauf-Kältemittelsystem mit einem Umgebungsluft-Kondensator und einem Steuerventil, und mit einem Zwischen-Wärmetauscher, welcher das Naturumlauf-Kältemittelsystem mit dem Kompressor-Kältemittelsystem koppelt.

**[0007]** Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Kühlen eines Ziel-Fluids auf eine Zieltem-

peratur von mindestens - 80°C, mindestens - 60°C oder mindestens - 45°C oder von höchstens + 30°C, höchstens -10°C oder höchstens - 35°C mittels Umgebungsluft unter Verwendung einer Kälteanlage in einer der hierin beschriebenen typischen Ausführungsformen.

**[0008]** Die Kälteanlage ist typischerweise eingerichtet, um bei Umgebungslufttemperaturen wenigstens bis zu - 40°C oder wenigstens bis zu - 20°C betrieben zu werden.

**[0009]** Das im Kompressor-Kältemittelsystem befindliche Arbeitsfluid wird hierin auch Kompressor-Kältemittel genannt. Zusätzlich befindet sich noch Schmieröl für den Kompressor in dem Kompressor-Kältemittelsystem, welches in einem Mischungsgleichgewicht mit dem Kompressor-Kältemittel steht. Im Kompressor-Kältemittelsystem kommen sowohl konventionelle fluorierte Gase (F-Gase) wie z.B. R-449A als auch "natürliche" Kältemittel wie z.B. CO<sub>2</sub> (R-744) oder Propan(R-290)/Propen (R-1270) als Arbeitsfluid zum Einsatz.

**[0010]** Nach dem Kompressor wird typischerweise ein Zwischen-Wärmetauscher als Verflüssiger des Kompressor-Kältemittels zwischengeschaltet. Dieser Zwischen-Wärmetauscher ist bei typischen Ausführungsformen auf der so genannten kalten Seite des Naturumlauf-Kältemittelsystems angeordnet. Er verbindet typischerweise das Kompressor-Kältemittelsystem mit dem Naturumlauf-Kältemittelsystem thermisch. Die jeweiligen Kältemittel der Kältemittelsysteme bleiben typischerweise getrennt.

**[0011]** Das im Naturumlauf-Kältemittelsystem befindliche Arbeitsfluid wird hierin auch Naturumlauf-Kältemittel genannt. Im Naturumlauf-Kältemittelsystem können sowohl konventionelle fluorierte Gase (F-Gase) wie z.B. R-449A als auch "natürliche Kältemittel" wie z.B. CO<sub>2</sub> (R-744) oder Propan(R-290)/Propen (R-1270) als Arbeitsfluid zum Einsatz kommen. Wenn möglich, kann das gleiche Arbeitsfluid wie im Kompressor-Kältemittelsystem eingesetzt werden, dies beugt Verwechslungsgefahr vor und vereinfacht Lagerhaltung und Wartung. Technisch ist es aber auch möglich, verschiedene Arbeitsfluide zu verwenden, beispielsweise um eine Effizienz von Ausführungsformen zu verbessern.

**[0012]** Typischerweise umfasst das Kompressor-Kältemittelsystem einen Drucksensor zum Ermitteln eines Drucks eines in dem Kompressor-Kältemittelsystem befindlichen Kompressor-Kältemittels. Der Drucksensor ist stromabwärts des Kompressors angeordnet, zwischen dem Kompressor und dem Zwischen-Wärmetauscher. Beispielsweise ermittelt der Drucksensor den Druck des Kompressor-Kältemittels direkt nach dem Kompressor oder an einem Zulauf des Zwischen-Wärmetauschers. Der Drucksensor ermittelt den Druck auf welchen der Kompressor das Kompressor-Kältemittel verdichtet. Der Druck kann dem Kondensationsdruck des Kompressor-Kältemittels entsprechen. Typischerweise wird der Öffnungsgrad des Steuerventils derart gesteuert, dass der gemessene Druck auf den Kondensationsdruck bzw. einen Ziel-Kondensationsdruck geregelt wird. Der Wert des Ziel-Kondensationsdrucks hängt unter anderem von

dem verwendeten Kältemittel ab und kann beispielsweise für Propan(R-290)/Propen (R-1270) zwischen 8 und 22 bar oder für CO<sub>2</sub> (R-744) zwischen 80 - 280 bar liegen.

**[0013]** Durch den Ziel-Wärmetauscher wird die Kälteleistung des Kompressor-Kältemittelsystems frei, die genutzte Kälteleistung entspricht einer Nutzkühlleistung der Kälteanlage. Der Kondensationsdruck des Kompressor-Kältemittels ist abhängig von einer geforderten Nutzkühlleistung des Kompressor-Kältemittelsystems. Typischerweise umfasst das Kompressor-Kältemittelsystem ein Drosselventil. Die Nutzkühlleistung kann erhöht beziehungsweise verringert werden, indem durch das Drosselventil mehr beziehungsweise weniger Kompressor-Kältemittel in den Ziel-Wärmetauscher eingespritzt wird. Beispielsweise kann auf eine Kälteanforderung hin durch Öffnung des Drosselventils, welches den Zustrom zu dem Ziel-Wärmetauscher kontrolliert, mehr Kompressor-Kältemittel eingespritzt werden. Wenn mehr Kompressor-Kältemittel in den Ziel-Wärmetauscher eingespritzt wird, wird durch den kontinuierlichen Umlauf im Kompressor-Kältemittelsystem vom Kompressor mehr Kompressor-Kältemittel verdichtet. Das Kompressor-Kältemittel gibt im Zwischen-Wärmetauscher Tauschwärme ab und wird verflüssigt. Wird durch den Kompressor mehr Kompressor-Kältemittel verdichtet, wird bei gleichbleibender Tauschwärme das verdichtete Kompressor-Kältemittel nur teilweise verflüssigt und es kommt zu einem Anstau des Kompressor-Kältemittels vor dem Zwischen-Wärmetauscher. Der Kondensationsdruck des Kompressor-Kältemittels erhöht sich. Um den Kondensationsdruck des Kompressor-Kältemittels konstant zu halten, kann eine Leistung des Zwischen-Wärmetauschers erhöht werden, um mehr Tauschwärme abzugeben, wodurch mehr Kompressor-Kältemittel verflüssigt wird. Insbesondere kann der Kondensationsdruck konstant auf einem Ziel-Kondensationsdruck gehalten werden.

**[0014]** Bei typischen Ausführungsformen umfasst eine wie hierin beschriebene Kälteanlage ein Steuerventil, wobei das Steuerventil in einer Zuleitung des Naturumlauf-Kältemittelsystems zu dem Zwischen-Wärmetauscher eingerichtet ist, so dass der Zulauf oder ein Massenstrom des Naturumlauf-Kältemittels zu dem Zwischen-Wärmetauscher steuerbar ist. Insbesondere kann der Zulauf auch bis auf Null gesteuert werden. Eine Menge an Wärmeenergie, insbesondere die Tauschwärme, die vom Kompressor-Kältemittel im Zwischen-Wärmetauscher an das Naturumlauf-Kältemittel abgegeben werden kann, ist abhängig vom Massenstrom des Naturumlauf-Kältemittels im Zwischen-Wärmetauscher. Das Steuerventil kann daher die Tauschwärme steuern. Bei typischen Kälteanlagen kann das Steuerventil derart eingerichtet sein, einen Massenstrom des Naturumlauf-Kältemittels in den Zwischen-Wärmetauscher an Hand des Signals des Drucksensors so zu regeln, dass der Kondensationsdruck des Kompressor-Kältemittels zumindest im Wesentlichen konstant gehalten wird.

**[0015]** Das Steuerventil steuert bei typischen Ausführungsformen den Zulauf durch einen Öffnungsgrad des Steuerventils. Bei typischen Ausführungsformen kann eine Öffnungsweite des Steuerventils gesteuert werden, um den Öffnungsgrad zu beeinflussen. Bei typischen Ausführungsformen kann das Steuerventil im Pulsbetrieb betrieben werden, um den Öffnungsgrad zu beeinflussen.

**[0016]** Bei einer typischen Kälteanlage umfasst der Umgebungsluft-Kondensator einen Ventilator. Der Ventilator ist typischerweise dazu eingerichtet, Umgebungsluft durch den Kondensator zu befördern, um eine Kühlleistung des Umgebungsluft-Kondensators zu erhöhen. Insbesondere kann eine Kühlleistung erhöht bzw. gesteuert werden, indem eine Drehzahl des Ventilators erhöht bzw. gesteuert wird.

**[0017]** Der Umgebungsluft-Kondensator ist typischerweise stromaufwärts des Zwischen-Wärmetauschers angeordnet. Das Naturumlauf-Kältemittel nimmt im Zwischen-Wärmetauscher die Tauschwärme des Kompressor-Kältemittels auf und strömt zum Umgebungsluft-Kondensator. Das Naturumlauf-Kältemittel gibt im Umgebungsluft-Kondensator Wärmeenergie an die Umgebungsluft ab.

**[0018]** Bei typischen Ausführungsformen der Kälteanlage ist der Umgebungsluft-Kondensator höher als der Zwischen-Wärmetauscher positioniert. Insbesondere ist der Umgebungsluft-Kondensator so angeordnet, dass das Naturumlauf-Kältemittelsystem einen Thermosiphon bildet. Der Umgebungsluft-Kondensator weist bei typischen Ausführungsformen eine vertikale Höhendifferenz zum Zwischen-Wärmetauscher auf. Die Höhendifferenz beträgt typischerweise mindestens 0,5 m oder mindestens 1 m. Flüssiges Naturumlauf-Kältemittel nimmt im Zwischen-Wärmetauscher die Tauschwärme auf. Die Tauschwärme wird bei gleichbleibender Temperatur, insbesondere bei gleichbleibender Verflüssigungstemperatur, vom Kompressor-Kältemittel an das Naturumlauf-Kältemittel übertragen. Durch die Aufnahme der Tauschwärme geht das flüssige Naturumlauf-Kältemittel über zu einem gasförmigen Zustand. Der Dichteunterschied zwischen flüssigem und gasförmigen Naturumlauf-Kältemittel führt dazu, dass das gasförmige Naturumlauf-Kältemittel stromaufwärts nach oben zum Umgebungsluft-Kondensator steigt. Im Umgebungsluft-Kondensator gibt das Naturumlauf-Kältemittel Wärmeenergie ab und wird verflüssigt. Das flüssige Naturumlauf-Kältemittel fließt stromabwärts zum Zwischen-Wärmetauscher und der Vorgang des Thermosiphons beginnt erneut. Der Vorgang des Thermosiphons wird durch die Tauschwärme angetrieben. Der Naturumlauf bleibt solange bestehen, wie dem Naturumlauf-Kältemittelsystem über den Zwischen-Wärmetauscher Energie zugeführt wird und eine positive Temperaturdifferenz zwischen Kondensationstemperatur des Kompressor-Kältemittelsystems und der Umgebungslufttemperatur besteht.

**[0019]** Bei typischen Kälteanlagen weist das Naturumlauf-Kältemittelsystem ein Nebenschluss-Kältemittel-

system auf, umfassend: einen Nebenschluss-Wärmetauscher zum Kühlen des Ziel-Fluids, und ein Nebenschluss-Steuerventil zum Steuern des Zuflusses zu dem Nebenschluss-Wärmetauscher. Das Nebenschluss-Kältemittelsystem ist typischerweise mit demselben Umgebungsluft-Kondensator des Naturumlauf-Kältemittelsystems verbunden. Das Kältemittel im Nebenschluss-Kältemittelsystem ist typischerweise dasselbe Kältemittel wie das Kältemittel im Naturumlauf-Kältemittelsystem.

**[0020]** Das Nebenschluss-Kältemittelsystem kann bei Ausführungsformen dazu verwendet werden, das Ziel-Fluid des zu kühlenden Systems durch Umgebungsluft zu kühlen. Diese Kühlung durch Umgebungsluft entspricht einer Freikühlung. Ein Kühlen über das Nebenschluss-Kältemittelsystem, typischerweise wenn eine ausreichend große, positive Temperaturdifferenz vorliegt, kann den Gesamtwirkungsgrad der Kälteanlage erhöhen. Immer dann, wenn, beispielsweise über einen zu bestimmenden Mindestzeitraum, eine nutzbare Temperaturdifferenz zwischen der Zieltemperatur des Ziel-Fluids und der Umgebungslufttemperatur, wobei die Umgebungslufttemperatur geringer ist als die Zieltemperatur, auftritt, wird vorteilhafterweise auf Freikühlung, d.h. auf Kühlung über das Nebenschluss-System umgeschaltet.

**[0021]** Parallel zu dem kompakten Kältemittelkondensator wird ein Nebenschluss-Wärmetauscher eingebunden. Wird vom Regelsystem eine mögliche günstige Betriebsweise durch Freikühlung detektiert, wird das Kompressor-Kältemittelsystem ausgeschaltet und über eine Ventilschaltung oder Reihenschaltung das zu kühlende Ziel-Fluid durch den Nebenschluss-Kühler geleitet. Das Wirkprinzip ist ähnlich wie oben für den Zwischen-Wärmetauscher beschrieben. Das wärmere Medium, z.B. zu kühlendes Ziel-Fluid, gibt seine Wärme an das verdampfende Naturumlauf-Kältemittel des Naturumlauf-Kältemittelsystems ab. Die Wärme wird bei gleichbleibender Temperatur, insbesondere bei gleichbleibender Verdampfungstemperatur, vom Sattedampf des Naturumlauf-Kältemittelsystems aufgenommen.

**[0022]** Bei typischen Ausführungsformen ist das Nebenschluss-Steuerventil derart eingerichtet, dass es den Zulauf des Naturumlauf-Kältemittels aus dem Naturumlauf-Kältemittelsystem in das Nebenschluss-Kältemittelsystem steuert. Das Nebenschluss-Steuerventil steuert typischerweise einen Massenstrom des Naturumlauf-Kältemittels in den Nebenschluss-Wärmetauscher. Eine Menge an Wärmeenergie, die vom Ziel-Fluid im Nebenschluss-Wärmetauscher an das Naturumlauf-Kältemittel abgegeben werden kann, ist auch abhängig vom Massenstrom des Naturumlauf-Kältemittels im Nebenschluss-Wärmetauscher. Das Steuerventil kann auf diese Weise die Nebenschluss-Tauschwärme steuern. Darüber hinaus ist die Menge an Wärmeenergie, die vom Ziel-Fluid im Nebenschluss-Wärmetauscher an das Naturumlauf-Kältemittel abgegeben werden kann, abhängig von einer Menge an Wärmeenergie, die das Naturumlauf-Kältemittel im Umgebungsluft-Kondensator an die Umgebungsluft abgeben kann. Die Drehzahl des

Ventilators des Umgebungsluft-Kondensators kann bei typischen Ausführungsformen entsprechend einer erforderlichen Nebenschluss-Tauschwärme geregelt werden.

**[0023]** Typischerweise ist das Naturumlauf-Kältemittelsystem derart eingerichtet, dass höchstens eines aus Steuerventil und Nebenschluss-Steuerventil geöffnet ist. Insbesondere ist das Naturumlauf-Kältemittelsystem derart eingerichtet, dass im Betrieb entweder das Steuerventil geöffnet und das Nebenschluss-Steuerventil geschlossen ist oder umgekehrt. Typischerweise ist das Steuerventil derart eingerichtet, dass bei Überschreiten eines Grenz-Temperaturunterschieds der Differenz zwischen Zieltemperatur und Umgebungslufttemperatur, wobei die Zieltemperatur größer ist als die Umgebungslufttemperatur, das Steuerventil geschlossen wird. Bei Ausführungsformen beträgt der Grenz-Temperaturunterschied mindestens 5 K. Typischerweise beträgt der Grenz-Temperaturunterschied mindestens 10 K.

**[0024]** Bei typischen Ausführungsformen einer Kälteanlage wie hierin beschrieben ist der Umgebungsluft-Kondensator höher als der Nebenschluss-Wärmetauscher angeordnet. Insbesondere ist der Umgebungsluft-Kondensator so angeordnet, dass das Nebenschluss-Kältemittelsystem einen Thermosiphon bildet. Der Umgebungsluft-Kondensator weist bei typischen Ausführungsformen eine vertikale Höhendifferenz zum Nebenschluss-Wärmetauscher. Die Höhendifferenz beträgt typischerweise 0,5 m oder 1 m. Die Höhendifferenz ist so gewählt, dass sich ein Umlauf ohne Pumpe einstellt. Insbesondere ist die Höhendifferenz so gewählt, dass sich ein Thermosiphon einstellt, beispielsweise wie oben analog für das Naturumlauf-Kältemittelsystem beschrieben.

**[0025]** Bei einem Kaltstart der Kälteanlage insbesondere bei kalter Umgebungsluft sind typischerweise das Steuerventil und das Nebenschluss-Steuerventil geschlossen. Der Kompressor verdichtet Kompressor-Kältemittel im Kompressor-Kältemittelsystem, wodurch sich das Kompressor-Kältemittel aufheizt. Das Kompressor-Kältemittel gibt Wärmeenergie an unter Umständen kalte Rohrleitungen und den kalten Zwischen-Wärmetauscher ab, wodurch das Kompressor-Kältemittel verflüssigt wird. Die Rohrleitungen und der Zwischen-Wärmetauscher erhitzen sich durch die Aufnahme der Wärmeenergie.

**[0026]** Vor dem Kaltstart kann bei Ausführungsformen Naturumlauf-Kältemittel aus dem Zwischen-Wärmetauscher entfernt werden, z.B. durch Anstau im Umgebungsluft-Kondensator. Dadurch kann sich der Zwischen-Wärmetauscher noch schneller erhitzen, so dass in dem Naturumlauf-Kältemittelsystem Energie für eine Umwälzung des Naturumlauf-Kältemittels aufgebaut wird. Alternativ kann auf ein Entleeren des Zwischen-Wärmetauschers verzichtet werden, beispielsweise da der Zwischen-Wärmetauscher vergleichsweise kompakt ist und ohnehin nur eine geringe Menge Naturumlauf-Kältemittel aufnimmt.

**[0027]** Nach Ansteigen des Kondensationsdrucks und

Öffnung des Drosselventils wird das Kompressor-Kältemittel über das Drosselventil in den Ziel-Wärmetauscher eingespritzt. Das Kompressor-Kältemittelsystem kommt in Gang. Das Steuerventil wird geöffnet und der Zwischen-Wärmetauscher gibt Tauschwärme an das Naturumlauf-Kältemittelsystem ab. Der Kondensationsdruck des Kompressor-Kältemittels kann nun über den Öffnungsgrad des Steuerventils geregelt werden. Der Öffnungsgrad des Steuerventils beeinflusst die Menge an übertragener Wärme in dem Zwischenwärmetauscher.

**[0028]** Da der interne kompakte Zwischen-Wärmetauscher wenig Masse und Inhalt an Naturumlauf-Kältemittel aufweist, fährt die Anlage bei unterbrochenem Naturumlauf-Kältemittelsystem sehr schnell auf den erforderlichen Betriebsdruck hoch und das Kompressor-Kältemittelsystem kann schneller volle Nutzkühlleistung abgeben. Dies ist nahezu unabhängig von der Umgebungslufttemperatur.

**[0029]** Typische Verfahren zum Kühlen eines Ziel-Fluids umfassen zum Starten der Kälteanlage folgende Schritte, die insbesondere in der aufgeführten Reihenfolge ausgeführt werden: Schließen des Steuerventils und Schließen des Nebenschluss-Steuerventils; Anschalten des Kompressors zum Verdichten des Kompressor-Kältemittels, so dass mittels des Kompressor-Kältemittels der Zwischen-Wärmetauscher aufgewärmt wird; Ermitteln eines Drucks des Kompressor-Kältemittels stromabwärts des Verdichters und vor dem Zwischen-Wärmetauscher; Vergleichen des Drucks mit einem Zieldruck; und Öffnen des Steuerventils, wenn der Druck des Kompressor-Kältemittels den Zieldruck erreicht. Hierin ist mit "Erreicht" auch ein Überschreiten umfasst. Bei Stillstand der Anlage können das Steuerventil und das Nebenschluss-Steuerventil geschlossen werden. Wenn vor dem Starten der Kälteanlage das Steuerventil und das Nebenschluss-Steuerventil geschlossen sind, werden diese geschlossen gehalten. Der Druck kann dem Kondensationsdruck des Kompressor-Kältemittels entsprechen. Der Zieldruck kann dem Ziel-Kondensationsdruck des Kompressor-Kältemittels entsprechen.

**[0030]** Typischerweise umfassen Verfahren wie hierin beschrieben ein Öffnen des Steuerventils bis ein Öffnungsgrad des Steuerventils einen ersten Grenzwert erreicht, wobei der Öffnungsgrad abhängig von dem Kondensationsdruck ist. Insbesondere wird das Steuerventil abhängig vom Kondensationsdruck so geöffnet, um den an dem Drucksensor gemessenen Kondensationsdruck des Kompressor-Kältemittels konstant zu halten. Typischerweise ist der erste Grenzwert weniger als 70% Öffnungsgrad oder weniger als 80% Öffnungsgrad. Um die Nutzkühlleistung der Kälteanlage zu erhöhen, muss mehr Kompressor-Kältemittel in den Ziel-Wärmetauscher eingespritzt werden.

**[0031]** Um die Nutzkühlleistung der Kälteanlage zu erhöhen, wird typischerweise das Drosselventil weiter geöffnet, um mehr Kompressor-Kältemittel in den Ziel-Wärmetauscher einzuspritzen. Da mehr Kompressor-Kälte-

mittel in den Ziel-Wärmetauscher eingespritzt wird, wird vom Kompressor mehr Kompressor-Kältemittel verdichtet. Bei gleichbleibender Tauschwärme wird nur ein Teil des verdichteten Kompressor-Kältemittels verflüssigt und es kommt zu einem Anstau des Kompressor-Kältemittels vor dem Zwischen-Wärmetauscher. Der Kondensationsdruck des Kompressor-Kältemittels zwischen Kompressor und Zwischen-Wärmetauscher erhöht sich. Um den Kondensationsdruck konstant auf dem Ziel-Kondensationsdruck zu halten, muss im Zwischen-Wärmetauscher mehr Tauschwärme vom Kompressor-Kältemittel an das Naturumlauf-Kältemittel abgegeben werden. Dadurch wird mehr Kompressor-Kältemittel verflüssigt. Insbesondere kann, um einen kontinuierlichen Umlauf zu gewähren, die Tauschwärme so erhöht werden, dass im Zwischen-Wärmetauscher mindestens soviel Kompressor-Kältemittel verflüssigt wird, wie über das Drosselventil in den Ziel-Wärmetauscher eingespritzt wird.

**[0032]** Durch Erhöhen des Öffnungsgrades des Steuerventils erhöht sich der Massenfluss des Naturumlauf-Kältemittels in den Zwischen-Wärmetauscher und mehr Tauschwärme kann übertragen werden. Durch Erhöhen des Öffnungsgrades des Steuerventils kann die Nutzkühlleistung der Kälteanlage erhöht werden.

**[0033]** Darüber hinaus kann das Verfahren, beispielsweise nach Erreichen des ersten Grenzwerts oder allgemein, umfassen, Regeln einer Drehzahl eines Ventilators des Umgebungsluft-Kondensators, beispielsweise maximal bis zu einer Grenzdrehzahl, wobei die Drehzahl abhängig vom Kondensationsdruck ist. Durch Erhöhen der Drehzahl des Ventilators wird mehr Umgebungsluft durch den Ventilator geströmt und mehr Tauschwärme kann abgegeben werden oder der Kondensationsdruck kann gesenkt werden. Die Drehzahl des Ventilators wird geregelt, um den Kondensationsdruck beispielsweise möglichst konstant oder so niedrig wie möglich zu halten. Auf diese Weise kann eine Verschlechterung der Effizienz durch zu hohen Kondensationsdruck oder eine Überschreitung des zulässigen Kondensationsdrucks vermieden werden.

**[0034]** Nach Erreichen der Grenzdrehzahl kann das Verfahren weiter umfassen: Erhöhen des Öffnungsgrads des Steuerventils bis zu einem zweiten Grenzwert. Der zweite Grenzwert kann bis zu 100% Öffnungsgrad betragen. Durch Erhöhen des Öffnungsgrads wird der Massenstrom an Naturumlauf-Kältemittel in den Zwischen-Wärmetauscher erhöht und es kann mehr Tauschwärme abgegeben werden. Durch Erhöhen des Öffnungsgrads des Steuerventils kann die Nutzkühlleistung der Kälteanlage erhöht werden.

**[0035]** Falls der Kondensationsdruck des Kompressor-Kältemittels verringert wird, z.B. falls weniger Nutzkühlleistung der Kälteanlage benötigt wird, kann zuerst der Öffnungsgrad des Steuerventils bis auf den ersten Öffnungsgrad verringert werden. Anschließend kann die Drehzahl des Ventilators verringert werden, bis der Ventilator zum Stillstand kommt. Als Letztes kann der Öff-

nungsgrad des Steuerventils verringert werden, bis auf 0 %. In einer weiteren Alternative kann zuerst die Drehzahl des Ventilators verringert werden und anschließend der Öffnungsgrad des Steuerventils verringert werden, bis auf 0 %.

**[0036]** In typischen Verfahren sind folgende Schritte in der aufgeführten Reihenfolge enthalten: In einem ersten Leistungsbereich der Kälteanlage, Öffnen, in Abhängigkeit des Kondensationsdrucks des Kompressor-Kältemittels, des Steuerventils, bis ein Öffnungsgrad des Steuerventils einen ersten Grenzwert erreicht; in einem zweiten Leistungsbereich der Kälteanlage, Erhöhen, in Abhängigkeit des Kondensationsdrucks des Kompressor-Kältemittels, einer Kühlleistung des Umgebungsluft-Kondensators; und in einem dritten Leistungsbereich, Öffnen, in Abhängigkeit des Kondensationsdrucks des Kompressor-Kältemittels, des Steuerventils, bis der Öffnungsgrad einen zweiten Grenzwert erreicht. Wobei der erste Grenzwert weniger als 70% Öffnungsgrad beträgt und der zweite Grenzwert bis zu 100% Öffnungsgrad beträgt. Wobei eine Nutzkühlleistung der Kälteanlage im ersten Leistungsbereich kleiner als im zweiten Leistungsbereich ist und eine Nutzkühlleistung der Kälteanlage im zweiten Leistungsbereich kleiner als im dritten Leistungsbereich

**[0037]** Typische Verfahren wie hierin beschrieben umfassen Schließen des Steuerventils und Öffnen des Nebenschluss-Steuerventils bei Überschreiten eines Grenz-Temperaturunterschieds, welcher die Differenz zwischen der Zieltemperatur und der Umgebungslufttemperatur darstellt. Beispielsweise kann bei einer Zieltemperatur von +20°C bei einer Umgebungslufttemperatur von höchstens +10°C eine Nutzung des Nebenschluss-Kältemittelsystems vorgesehen sein. Durch Öffnen des Nebenschluss-Steuerventils bei ausreichendem Temperaturunterschied zwischen der Zieltemperatur und der Umgebungslufttemperatur wird das Ziel-Fluid über das Nebenschluss-Kältemittelsystem gekühlt. Dadurch erhöht sich der Wirkungsgrad der Kälteanlage.

**[0038]** Typische Verfahren wie hierin beschrieben umfassen Steuern des Massenzustroms des Naturumlauf-Kältemittels aus dem Naturumlauf-Kältemittelsystem in das Nebenschluss-Kältemittelsystem durch Ansteuern des Nebenschluss-Steuerventils. Insbesondere kann der Massenzustrom in Abhängigkeit einer Kälteanforderung gesteuert werden. Durch Steuern des Massenzustroms kann eine Nebenschluss-Kühlleistung des Nebenschluss-Kältemittelsystems gesteuert werden.

**[0039]** Typische Verfahren wie hierin beschrieben umfassen: Steuern des Steuerventils, so dass der Zulauf des Naturumlauf-Kältemittels im Naturumlauf-Kältemittelsystem zu dem Zwischen-Wärmetauscher gesteuert wird. Insbesondere kann der Massenzustrom in Abhängigkeit der geforderten Tauschwärme gesteuert werden.

**[0040]** Durch die zwei Kältemittelsysteme wird wenig brennbares Kältemittel verwendet und das Prozesskühlaggregat kann auch bei tiefen Außentemperaturen schnell hochfahren. Eine Kältemittelverlagerung aus

dem Kondensator in das Schmieröl des Verdichters wird minimiert, so dass hohe Standzeiten und ein robuster Betrieb gewährleistet wird.

**[0041]** Eine Nutzung des Kondensators als Freikühler ist bei typischen Ausführungsformen möglich. Durch die Nutzung des Kondensators als Freikühler wird die Energieeffizienz der Anlage im jährlichen Durchschnitt erhöht. Die Nutzung des Kondensators als Freikühler kann bei Ausführungsformen mit wenig Mehraufwand realisiert werden. Die Nutzung des Kondensators als Freikühler bietet sich vor allem bei tiefen Umgebungslufttemperaturen an.

**[0042]** Nur das Kompressor-Kältemittelsystem oder das Kompressor-Kältemittel stehen bei typischen Ausführungsformen in Kontakt mit dem Schmieröl. Das Naturumlauf-Kältemittelsystem und das Naturumlauf-Kältemittel stehen typischerweise nicht in Kontakt mit dem Schmieröl oder dem Kompressor. Das Kompressor-Kältemittelsystem weist eine gegenüber dem Stand der Technik typischerweise geringere Füllmenge an Kältemittel auf. Durch die zwei Kältemittelsysteme kann eine thermische Entkopplung des Kompressor-Kältemittelsystems von dem Naturumlauf-Kältemittelsystem erfolgen. Da kein Kondensat-Anstau nötig ist, ist auch im luftgekühlten Naturumlauf-Kältemittelsystem bei typischen Ausführungsformen weniger Kältemittel nötig. In Kälteanlagen wie hierin beschrieben wird kein zusätzlicher luftgekühlter Wärmetauscher benötigt. Insbesondere die luftgekühlten Wärmetauscher sind materialintensive Bauteile und haben größere Abmessungen. Mit Kälteanlagen wie hierin beschriebenen wird sowohl Material als auch Platz gespart.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0043]** Nachfolgend wird die Erfindung anhand der beiliegenden Zeichnungen näher erläutert, wobei die Figuren zeigen:

Fig. 1 zeigt eine Schematische Darstellung einer Kälteanlage wie hierin beschrieben.

Fig. 2 zeigt ein typisches Verfahren zum Kühlen eines Ziel-Fluids unter Verwendung einer typischen hierin beschriebenen Kälteanlage.

Fig. 3 zeigt ein typisches Verfahren zum Kühlen eines Ziel-Fluids unter Verwendung einer typischen hierin beschriebenen Kälteanlage mit Freikühlung.

#### Beschreibung von Ausführungsbeispielen

**[0044]** Nachfolgend werden typische Ausführungsformen der Erfindung anhand der Figuren beschrieben, wobei die Erfindung nicht auf die Ausführungsbeispiele beschränkt ist, vielmehr wird der Umfang der Erfindung durch die Ansprüche bestimmt.

**[0045]** Bei der Beschreibung der Ausführungsformen werden unter Umständen in verschiedenen Figuren und für verschiedene Ausführungsformen gleiche Bezugszeichen für gleiche oder ähnliche Teile verwendet. Teilweise werden Merkmale, welche bereits im Zusammenhang mit anderen Figuren beschrieben werden, der Übersichtlichkeit halber nicht mehrfach genannt oder beschrieben.

**[0046]** In der Fig. 1 ist eine beispielhafte Ausführungsform einer Kälteanlage 100 schematisch dargestellt. Die Kälteanlage 100 umfasst ein Kompressor-Kältemittelsystem 105. Die Kälteanlage 100 ist dazu eingerichtet, ein Ziel-Fluid auf eine Zieltemperatur zu kühlen. Das Ziel-Fluid wird mit einer Nutzkühlleistung 115 der Kälteanlage gekühlt. Das Ziel-Fluid kann auf eine Zieltemperatur zwischen -80°C und +30°C, insbesondere auf -40°C gekühlt werden. Das Ziel-Fluid kann bei Ausführungsformen Wasserstoff sein.

**[0047]** Das Kompressor-Kältemittelsystem umfasst einen Ziel-Wärmetauscher 110. Der Ziel-Wärmetauscher 110 ist auf der kalten Seite mit dem Kompressor-Kältemittelsystem verbunden. Auf der kalten Seite wird der Ziel-Wärmetauscher von einem Kompressor-Kältemittel des Kompressor-Kältemittelsystems durchflossen. Der Ziel-Wärmetauscher 110 ist auf der warmen Seite mit dem zu kühlenden System verbunden. Der Ziel-Wärmetauscher 110 wird auf der warmen Seite vom Ziel-Fluid des zu kühlenden Systems durchflossen. Im Ziel-Wärmetauscher nimmt das Kompressor-Kältemittel Wärmeenergie vom Ziel-Fluid auf.

**[0048]** Die Kälteanlage 100 umfasst einen Zwischen-Wärmetauscher 120. Der Zwischen-Wärmetauscher 120 ist auf der warmen Seite mit dem Kompressor-Kältemittelsystem 105 verbunden und wird von dem Kompressor-Kältemittel durchströmt. Auf der kalten Seite ist der Zwischen-Wärmetauscher 120 mit einem Naturumlauf-Kältemittelsystem 140 verbunden und wird von einem Naturumlauf-Kältemittel durchflossen. Das Kompressor-Kältemittel gibt im Zwischen-Wärmetauscher 120 Wärmeenergie an das Naturumlauf-Kältemittel ab und kondensiert.

**[0049]** Das Kompressor-Kältemittelsystem umfasst stromabwärts des Ziel-Wärmetauschers einen Kompressor 125, welcher das Kompressor-Kältemittel verdichtet, nachdem es Wärmeenergie des Ziel-Fluids im Zwischen-Wärmetauscher aufgenommen hat. Ein Drucksensor 130 ist stromabwärts des Kompressors 125 angeordnet und ermittelt einen Druck des Kompressor-Kältemittels. Die Daten des Drucksensors 130 können elektronisch auslesbar sein, insbesondere kann der Drucksensor 130 in einem Regelkreis integriert werden.

**[0050]** Ein Drosselventil 135 ist stromabwärts des Zwischen-Wärmetauschers angeordnet. Das Kompressor-Kältemittel wird im Zwischen-Wärmetauscher verflüssigt und gelangt zum Drosselventil 135, welches das Kompressor-Kältemittel in den Ziel-Wärmetauscher einspritzt, wo es expandiert. Dabei kann das Kompressor-Kältemittel Wärmeenergie aus dem Ziel-Fluid aufnehmen.

men.

**[0051]** Das Naturumlauf-Kältemittelsystem 140 umfasst den Zwischen-Wärmetauscher 120, welcher das Kompressor-Kältemittelsystem und das Naturumlauf-Kältemittelsystem 140 thermisch verbindet. Das Kompressor-Kältemittel und das Naturumlauf-Kältemittel sind räumlich getrennt und werden nicht vermischt. Das Naturumlauf-Kältemittelsystem 140 ist dazu eingerichtet, die Wärmeenergie, welche das Naturumlauf-Kältemittel im Zwischen-Wärmetauscher 120 aufnimmt, an die Umgebung abzugeben.

**[0052]** Das Naturumlauf-Kältemittelsystem 140 umfasst stromaufwärts des Zwischen-Wärmetauschers 120 einen Umgebungsluft-Kondensator 145, welcher das Naturumlauf-Kältemittel mittels Umgebungsluft kühlt und verflüssigt. Naturumlauf-Kältemittel, welches im Umgebungsluft-Kondensator gekühlt und verflüssigt wurde, kann in den Zwischen-Wärmetauscher eingespritzt werden.

**[0053]** Der Umgebungsluft-Kondensator 145 umfasst einen Ventilator 150, um eine Kühlleistung des Umgebungsluft-Kondensators 145 zu steuern.

**[0054]** Ein Steuerventil 165 ist stromabwärts des Umgebungsluft-Kondensators 145 angeordnet, um einen Massenstrom des Naturumlauf-Kältemittels in den Zwischen-Wärmetauscher 120 zu steuern. Das Steuerventil 165 ist über eine Steuereinheit 175 und einen Aktuator 170 steuerbar. Der Aktuator 170 kann durch die Steuereinheit 175 gesteuert werden und einen Öffnungsgrad des Steuerventils 165 steuern.

**[0055]** Eine Tauschwärme, welche im Zwischen-Wärmetauscher vom Kompressor-Kältemittel an das Naturumlauf-Kältemittel abgegeben werden kann, ist begrenzt durch den Massenstrom des Naturumlauf-Kältemittels in den Zwischen-Wärmetauscher. Ein Kondensationsdruck des Kompressor-Kältemittels beschreibt den Druck, bei welchem das Kompressor-Kältemittel im Zwischen-Wärmetauscher verflüssigt wird. Der Kondensationsdruck des Kompressor-Kältemittels kann über die Tauschwärme gesteuert werden. Der Kondensationsdruck des Kompressor-Kältemittels kann über einen Massenstrom des Naturumlauf-Kältemittels in den Zwischen-Wärmetauscher gesteuert werden. Der Kondensationsdruck des Kompressor-Kältemittels kann über das Steuerventil beeinflusst werden, insbesondere über einen Öffnungsgrad des Steuerventils. Der Drucksensor 130 kann mit der Steuereinheit 175 in einem Regelkreis verbunden sein. Die Steuereinheit 175 kann den Öffnungsgrad des Steuerventils 165 in Abhängigkeit der Daten des Drucksensors 130 regeln, insbesondere, um den Kondensationsdruck möglichst konstant auf einem Ziel-Kondensationsdruck, welcher dem Regelkreis vorgegeben wird, zu halten.

**[0056]** Ein Nebenschluss-Kältemittelsystem 160 ist mit dem Naturumlauf-Kältemittelsystem 140 integral verbunden oder in dieses integriert. Das Kältemittel im Nebenschluss-Kältemittelsystem ist dasselbe Kältemittel wie im Naturumlauf-Kältemittelsystem, d.h. es ist das Na-

turumlauf-Kältemittel. Das Nebenschluss-Kältemittelsystem umfasst ein Nebenschluss-Steuerventil 165 welches stromabwärts des Umgebungsluft-Kondensators angeordnet ist. Ein Massenstrom des Naturumlauf-Kältemittels in das Nebenschluss-Kältemittelsystem 160 kann über das Nebenschluss-Steuerventil 167 bzw. dessen Öffnungsgrad mittels eines Nebenschluss-Aktuators 172 gesteuert werden. Die Steuereinheit 175 steuert den Nebenschluss-Aktuator 172.

**[0057]** Das Nebenschluss-Kältemittelsystem nutzt den Umgebungsluft-Kondensator 145. Das Ziel-Fluid wird mit einer Nebenschluss-Kühlleistung 185 der Kälteanlage gekühlt. Das Nebenschluss-Kältemittelsystem 160 umfasst einen Nebenschluss-Wärmetauscher 180, welcher auf der kalten Seite vom Naturumlauf-Kältemittel durchflossen wird. Der Nebenschluss-Wärmetauscher 180 ist auf der warmen Seite mit dem zu kühlenden System verbunden. Im Nebenschluss-Wärmetauscher 180 nimmt das Naturumlauf-Kältemittel Wärmeenergie vom Ziel-Fluid auf. Das Naturumlauf-Kältemittel, welches im Nebenschluss-Wärmetauscher 180 Wärmeenergie vom Ziel-Fluid aufgenommen hat wird im Umgebungsluft-Kondensator verflüssigt.

**[0058]** Das Naturumlauf-Kältemittelsystem 140 kann ohne Verdichter oder Pumpe konstruiert oder betrieben werden. Die Höhendifferenz 190 zwischen dem Zwischen-Wärmetauscher 120 und dem Umgebungsluft-Kondensator 145 beträgt 0,5 m oder mehr, typischerweise 1 m oder mehr. Im Naturumlauf-Kältemittelsystem entsteht damit ein Thermosiphon. Die Nebenschluss-Höhendifferenz 195 zwischen dem Nebenschluss-Wärmetauscher 180 und dem Umgebungsluft-Kondensator 145 beträgt 1 m, kann jedoch auch größer sein. Im Nebenschluss-Kältemittelsystem 160 entsteht damit ein Thermosiphon. Typischerweise werden die Höhendifferenzen zwischen den jeweiligen oberen Anschlüssen oder den jeweiligen unteren Anschlüssen der jeweiligen Wärmetauscher gemessen.

**[0059]** In der Fig. 2 wird ein Verfahren zum Kühlen eines Ziel-Fluids unter Verwendung einer Kälteanlage wie hierin beschrieben dargestellt. Es wird ein Verfahren zum Kühlen des Ziel-Fluids über das Kompressor-Kältemittelsystem dargestellt.

**[0060]** In Schritt 210 wird die Kälteanlage gestartet. Hierzu werden das Nebenschluss-Steuerventil und das Steuerventil geschlossen und der Kompressor gestartet. Der Zwischen-Wärmetauscher wird nicht vom Naturumlauf-Kältemittel durchflossen und wird schnell durch das verdichtete Kompressor-Kältemittel erhitzt. Durch das Erhitzen des Zwischen-Wärmetauschers erhöht sich der Kondensationsdruck des Kompressor-Kältemittels. Nach Erreichen des Ziel-Kondensationsdrucks wird das Steuerventil geöffnet und durch Steuerung der Tauschwärme, die im Zwischen-Wärmetauscher abgegeben wird, wird der Kondensationsdruck des Kompressor-Kältemittels auf den Ziel-Kondensationsdruck gesteuert.

**[0061]** Im nachfolgenden Schritt 220 befindet sich die

Kälteanlage im Betrieb. Falls eine Anforderung vorliegt, eine Nutzkühlleistung der Kälteanlage zu erhöhen, kann bei typischen Ausführungsformen das Drosselventil weiter geöffnet werden, so dass mehr Kompressor-Kältemittel in den Ziel-Wärmetauscher eingespritzt wird. Um mehr Kompressor-Kältemittel in den Ziel-Wärmetauscher einzuspritzen muss in dem Zwischenwärmetauscher mehr Kompressor-Kältemittel verflüssigt werden. Um das zusätzliche Kompressor-Kältemittel im Zwischen-Wärmetauscher zu verflüssigen, kann ein Öffnungsgrad des Steuerventils bei typischen Ausführungsformen erhöht werden, um mehr Naturumlauf-Kältemittel durch den Zwischen-Wärmetauscher zu fördern. Das Kompressor-Kältemittel kann dann mehr Tauschwärme an das Naturumlauf-Kältemittel abgeben.

**[0062]** Typischerweise ergibt sich bei typischen Ausführungsformen eine Anforderung, die Nutzkühlleistung zu Erhöhen oder zu Verringern aus einer Regelung, welche die Temperatur des Ziel-Fluids nach Durchströmen des Ziel-Wärmetauschers überwacht.

**[0063]** Falls eine Anforderung vorliegt, eine Nutzkühlleistung noch weiter zu erhöhen, kann in einem Schritt 230 durch Anschalten des Ventilators des Umgebungsluft-Kondensators das Naturumlauf-Kältemittel mehr Tauschwärme an die Umgebungsluft abgeben. Das Naturumlauf-Kältemittel kann mehr Tauschwärme vom Kompressor-Kältemittel aufnehmen.

**[0064]** Die Drehzahl des Ventilators wird in Abhängigkeit des Kondensationsdrucks gesteuert, um die abgegebene Menge an Tauschwärme entsprechend einer angeforderten Nutzkühlleistung zu erhöhen oder zu vermindern. Bei Maximalbetrieb des Ventilators kann das Steuerventil weiter geöffnet oder komplett geöffnet werden (Schritt 240). Mehr Naturumlauf-Kältemittel fließt in den Zwischen-Wärmetauscher. Das Kompressor-Kältemittel kann mehr Tauschwärme an das Naturumlauf-Kältemittel abgeben. Die Tauschwärme wird maximiert. Die Nutzkühlleistung der Kälteanlage wird maximiert.

**[0065]** Bei Reduzierung einer angeforderten Nutzkühlleistung oder bei fallendem Kondensationsdruck werden bei typischen Ausführungsformen die oben genannten Schritte jeweils in umgekehrter Reihenfolge durchführen, um die Nutzkühlleistung der Kälteanlage entsprechend anzupassen.

**[0066]** In der Fig. 3 wird ein Verfahren zum Kühlen eines Ziel-Fluids unter Verwendung einer Kälteanlage wie hierin beschrieben dargestellt. Es wird ein Verfahren zum Kühlen des Ziel-Fluids über das Nebenschluss-Kältemittelsystem dargestellt.

**[0067]** In Schritt 310 wird überprüft ob Freikühlen über das Nebenschluss-Kältemittelsystem möglich ist. Dazu wird geprüft, ob die Umgebungstemperatur der Umgebungsluft unter der Zieltemperatur liegt und, falls ja, wird eine Temperaturdifferenz zwischen der Zieltemperatur des Ziel-Fluids und der Umgebungstemperatur der Umgebungsluft mit einem Grenz-Temperaturunterschied verglichen. Überschreitet die Temperaturdifferenz den Grenz-Temperaturunterschied ist Kühlen über das Ne-

benschluss-Kältemittelsystem möglich.

**[0068]** Falls Kühlen über das Nebenschluss-Kältemittelsystem möglich ist, wird die Kälteanlage im Schritt 320 auf Kühlen über das Nebenschluss-Kältemittelsystem umgestellt. Das Steuerventil wird geschlossen und das Nebenschluss-Steuerventil wird geöffnet. Das Naturumlauf-Kältemittel fließt durch den Nebenschluss-Wärmetauscher und nimmt eine Nebenschluss-Tauschwärme vom Ziel-Fluid auf. Das Ziel-Fluid wird gekühlt. Die Nebenschluss-Kühlleistung ist abhängig von der Nebenschluss-Tauschwärme.

**[0069]** Im nachfolgendem Schritt 330 befindet sich die Kälteanlage im Betrieb. Falls eine Anforderung vorliegt, eine Nebenschluss-Kühlleistung der Kälteanlage zu erhöhen, kann bei typischen Ausführungsformen eine Öffnungsgrad des Nebenschluss-Steuerventils erhöht werden, so dass mehr Naturumlauf-Kältemittel durch den Nebenschluss-Wärmetauscher gefördert wird. Das Ziel-Fluid kann mehr Tauschwärme an das Naturumlauf-Kältemittel abgeben.

**[0070]** Falls eine Anforderung vorliegt, eine Nebenschluss-Kühlleistung weiter zu erhöhen, kann in einem Schritt 340 durch Anschalten eines Ventilators eines Umgebungsluft-Kondensators das Naturumlauf-Kältemittel mehr Tauschwärme an eine Umgebungsluft abgeben. Das Naturumlauf-Kältemittel kann mehr Tauschwärme vom Ziel-Fluid aufnehmen.

**[0071]** Die Drehzahl des Ventilators wird typischerweise in Abhängigkeit des Kondensationsdrucks gesteuert, um die abgegebene Menge an Tauschwärme entsprechend einer angeforderte Nebenschluss-Kühlleistung zu erhöhen oder zu vermindern.

**[0072]** Im nachfolgendem Schritt 350 kann bei Maximalbetrieb des Ventilators das Nebenschluss-Steuerventil weiter geöffnet werden. Das Nebenschluss-Steuerventil kann komplett geöffnet werden. Mehr Naturumlauf-Kältemittel fließt in den Nebenschluss-Wärmetauscher. Das Ziel-Fluid kann mehr Tauschwärme an das Naturumlauf-Kältemittel abgeben. Die Tauschwärme wird maximiert. Die Nebenschluss-Kühlleistung der Kälteanlage wird maximiert.

**[0073]** Bei Reduzierung einer angeforderten Nutzkühlleistung oder bei fallendem Kondensationsdruck werden bei typischen Ausführungsformen die oben genannten Schritte jeweils in umgekehrter Reihenfolge durchfahren, um die Nutzkühlleistung der Kälteanlage entsprechend anzupassen.

## Patentansprüche

1. Kälteanlage (100), insbesondere zum Kühlen eines Ziel-Fluids auf eine Zieltemperatur zwischen -80°C und +30°C mittels Umgebungsluft,

- umfassend ein Kompressor-Kältemittelsystem (105) mit einem Kompressor (125) und einem Ziel-Wärmetauscher (110) zum Kühlen des Ziel-

Fluids;

- weiter umfassend ein Naturumlauf-Kältemittelsystem (140) mit einem Umgebungsluft-Kondensator (145) und einem Steuerventil (165),  
- und mit einem Zwischen-Wärmetauscher (120), welcher das Naturumlauf-Kältemittelsystem (140) mit dem Kompressor-Kältemittelsystem (105) koppelt.

2. Kälteanlage nach Anspruch 1, wobei das Kompressor-Kältemittelsystem (105) einen Drucksensor (130) zum Ermitteln eines Drucks eines in dem Kompressor-Kältemittelsystem (105) befindlichen Kompressor-Kältemittels umfasst.

3. Kälteanlage nach einem der Anspruch 1 oder 2, wobei das Steuerventil (165) in einer Zuleitung zu dem Zwischen-Wärmetauscher (120) eingerichtet ist, so dass der Zulauf eines Naturumlauf-Kältemittels des Naturumlauf-Kältemittelsystems (140) zu dem Zwischen-Wärmetauscher (120) steuerbar ist.

4. Kälteanlage nach einem der Ansprüche 2 oder 3, wobei der Umgebungsluft-Kondensator (145) einen Ventilator (150) umfasst, welcher dazu eingerichtet ist Umgebungsluft durch den Umgebungsluft-Kondensator (145) zu befördern um eine Kühlleistung des Umgebungsluft-Kondensators (145) zu erhöhen.

5. Kälteanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Umgebungsluft-Kondensator (145) höher als der Zwischen-Wärmetauscher (120) angeordnet ist.

6. Kälteanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Naturumlauf-Kältemittelsystem (140) ein Nebenschluss-Kältemittelsystem (160) aufweist, umfassend:

- einen Nebenschluss-Wärmetauscher (180) zum Kühlen des Ziel-Fluids, und  
- ein Nebenschluss-Steuerventil (167) zum Steuern des Zuflusses zu dem Nebenschluss-Wärmetauscher (180);  
- wobei das Nebenschluss-Kältemittelsystem (160) mit dem Umgebungsluft-Kondensator (145) des Naturumlauf-Kältemittelsystems (140) verbunden ist.

7. Kälteanlage nach Anspruch 6, wobei das Nebenschluss-Steuerventil (167) derart eingerichtet ist, dass es den Zulauf des Naturumlauf-Kältemittels aus dem Naturumlauf-Kältemittelsystem (140) in das Nebenschluss-Kältemittelsystem (160) steuert.

8. Verfahren zum Kühlen eines Ziel-Fluids auf eine Zieltemperatur zwischen -80°C und +30°C mittels

Umgebungsluft unter Verwendung einer Kälteanlage (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei zum Starten der Kälteanlage (100), folgende Schritte in der aufgeführten Reihenfolge ausgeführt werden:
  - Schließen des Steuerventils (165) und Schließen des Nebenschluss-Steuerventils (167);
  - Anschalten des Kompressors (130) zum Verdichten des Kompressor-Kältemittels, so dass mittels des Kompressor-Kältemittels der Zwischen-Wärmetauscher aufgewärmt wird;
  - Ermitteln eines Drucks des Kompressor-Kältemittels stromabwärts des Kompressors (130), vor dem Zwischen-Wärmetauscher, und Vergleichen des Drucks mit einem Zieldruck; und
  - Öffnen des Steuerventils (165), wenn der Druck des Kompressor-Kältemittels den Zieldruck erreicht.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9, umfassend, Öffnen des Steuerventils (165) bis ein Öffnungsgrad des Steuerventils einen ersten Grenzwert erreicht, wobei der Öffnungsgrad abhängig von dem Druck des Kompressor-Kältemittels ist.
11. Verfahren nach Anspruch 10, nach Erreichen des ersten Grenzwerts, umfassend, Erhöhen einer Drehzahl eines Ventilators (150) des Umgebungsluft-Kondensators (145) bis zu einer Grenzdrehzahl, wobei die Drehzahl abhängig von dem Druck des Kompressor-Kältemittels ist.
12. Verfahren nach Anspruch 11, nach Erreichen der Grenzdrehzahl, umfassend, Erhöhen des Öffnungsgrads des Steuerventils (165) bis zu einem zweiten Grenzwert, wobei die Drehzahl abhängig von dem Druck des Kompressor-Kältemittels ist.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, umfassend Schließen des Steuerventils (165) und Öffnen des Nebenschluss-Steuerventils (167) bei Überschreiten eines Grenz-Temperaturunterschieds, welcher die Differenz zwischen der Zieltemperatur und der Umgebungslufttemperatur darstellt.
14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei der Grenz-Temperaturunterschied mindestens 5 K beträgt.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 14, umfassend Steuern des Massenzustroms des Naturumlauf-Kältemittels aus dem Naturumlauf-Kältemittelsystem (140) in das Nebenschluss-Kältemittelsystem (160) durch Ansteuern des Nebenschluss-Steuerventils (167).

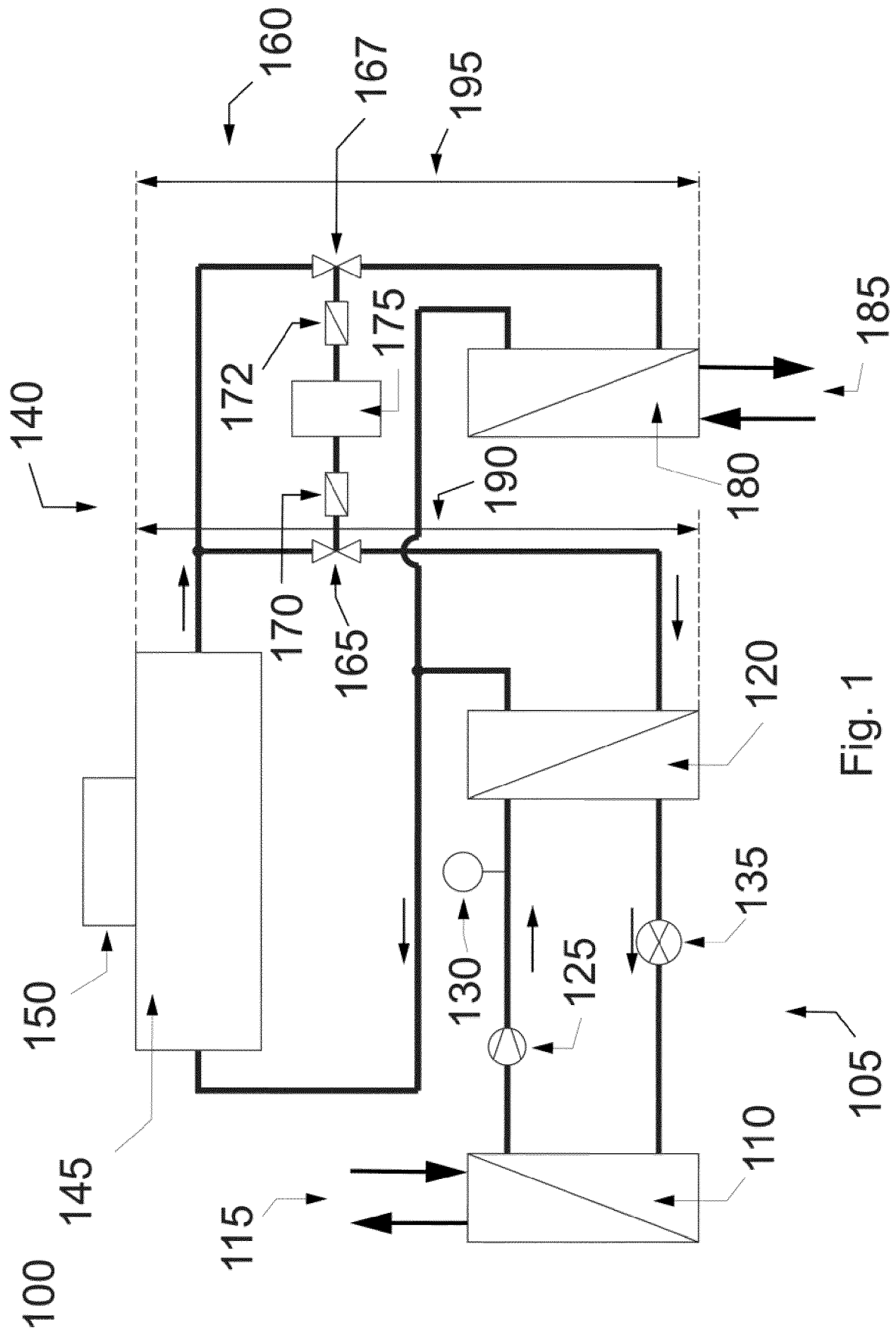


Fig. 1

200

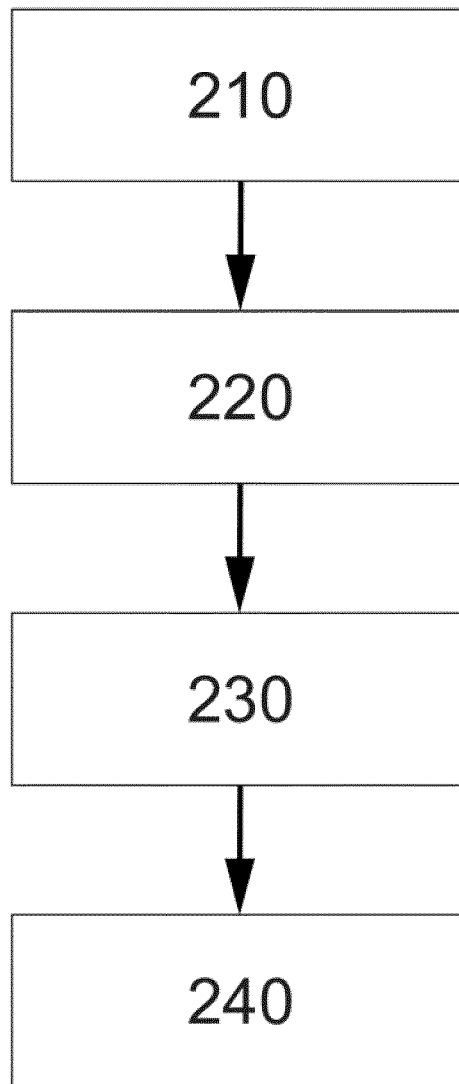


Fig. 2

300

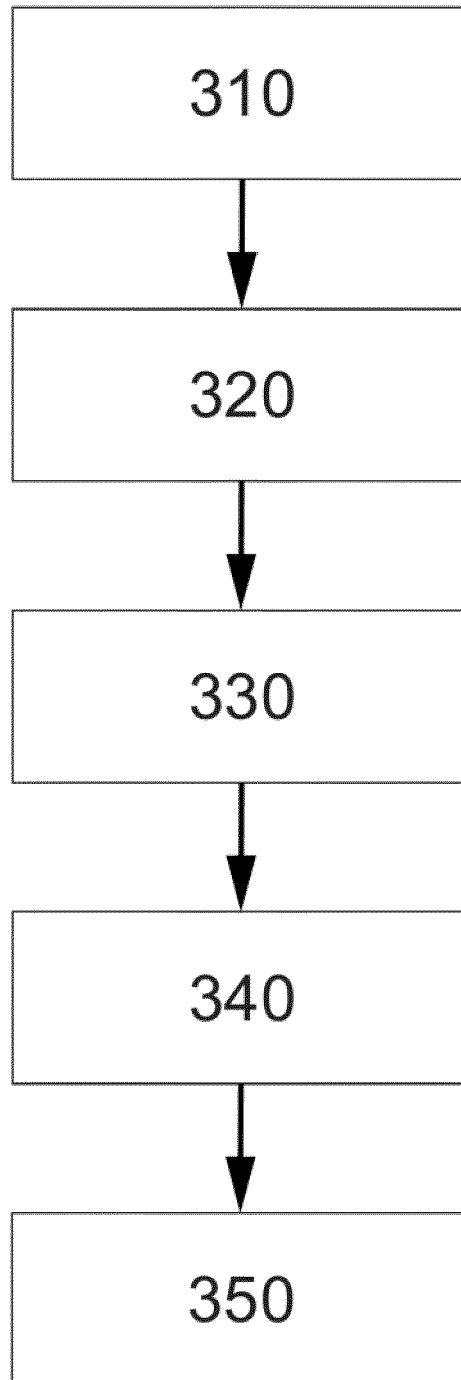


Fig. 3



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 19 5128

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                                                         | Betrifft Anspruch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)          |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                         | US 2019/293326 A1 (CHAMOUN MARWAN [FR])<br>26. September 2019 (2019-09-26)<br>* Absätze [0024] - [0031]; Abbildungen 1-3<br>*<br>-----                      | 1-15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | INV.<br>F25B41/20<br>F25B49/02<br>F25B25/00 |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                         | DE 11 2018 005735 T5 (DENSO CORP [JP])<br>23. Juli 2020 (2020-07-23)<br>* Absätze [0009], [0042] - [0046],<br>[0087], [0088]; Abbildungen 14, 21 *<br>----- | 1-15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | F25B                                        |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                             |
| Recherchenort<br><b>München</b>                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                             | Abschlußdatum der Recherche<br><b>19. Januar 2024</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Prüfer<br><b>Amous, Moez</b>                |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE<br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : nichtschriftliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |                                                                                                                                                             | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>.....<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                             |

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

EP 23 19 5128

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

19-01-2024

| 10 | Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentedokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----|-----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| 15 | <b>US 2019293326 A1</b>                             | <b>26-09-2019</b>             | <b>CN 109154461 A</b>             | <b>04-01-2019</b>             |
|    |                                                     |                               | <b>EP 3465029 A1</b>              | <b>10-04-2019</b>             |
|    |                                                     |                               | <b>ES 2929525 T3</b>              | <b>29-11-2022</b>             |
|    |                                                     |                               | <b>US 2019293326 A1</b>           | <b>26-09-2019</b>             |
|    |                                                     |                               | <b>WO 2017203317 A1</b>           | <b>30-11-2017</b>             |
|    | -----                                               |                               |                                   |                               |
| 20 | <b>DE 112018005735 T5</b>                           | <b>23-07-2020</b>             | <b>CN 111295555 A</b>             | <b>16-06-2020</b>             |
|    |                                                     |                               | <b>DE 112018005735 T5</b>         | <b>23-07-2020</b>             |
|    |                                                     |                               | <b>JP 6992411 B2</b>              | <b>13-01-2022</b>             |
|    |                                                     |                               | <b>JP 2019086164 A</b>            | <b>06-06-2019</b>             |
|    |                                                     |                               | <b>US 2020254845 A1</b>           | <b>13-08-2020</b>             |
|    |                                                     |                               | <b>WO 2019087629 A1</b>           | <b>09-05-2019</b>             |
| 25 | -----                                               |                               |                                   |                               |
| 30 |                                                     |                               |                                   |                               |
| 35 |                                                     |                               |                                   |                               |
| 40 |                                                     |                               |                                   |                               |
| 45 |                                                     |                               |                                   |                               |
| 50 |                                                     |                               |                                   |                               |
| 55 |                                                     |                               |                                   |                               |

EPO FORM P0461

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