

(19)



(11)

EP 3 330 644 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
06.06.2018 Patentblatt 2018/23

(51) Int Cl.:
F25B 49/02 (2006.01) **F25B 9/08 (2006.01)**
F25B 30/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17201712.1**

(22) Anmeldetag: **14.11.2017**

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

Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(30) Priorität: **01.12.2016 DE 102016123277**

(71) Anmelder: **Wurm GmbH & Co. KG Elektronische Systeme**
42857 Remscheid (DE)

(72) Erfinder:
• **Dreisbach, Heiko**
42781 Haan (DE)
• **Patryarcha, Lukas**
58332 Schwelm (DE)

(74) Vertreter: **Manitz Finsterwald Patentanwälte PartmbB**
Martin-Greif-Strasse 1
80336 München (DE)

(54) **KÄLTEANLAGE UND VERFAHREN ZUR REGELUNG EINER KÄLTEANLAGE**

(57) Eine Kälteanlage zum Betreiben eines Kältekreises mit einem Kältemittel umfasst einen Sammelbehälter zum Sammeln von Kältemittel, mindestens einen Verdampfer, der derart ausgebildet ist, dass er einen ihm zugeführten flüssigen Anteil des im Sammelbehälter befindlichen Kältemittels verdampft, mindestens einen ersten Verdichter, der derart ausgebildet ist, dass er einen gasförmigen Anteil des im Sammelbehälter befindlichen Kältemittels ansaugt und verdichtet, einen dem mindestens einen ersten Verdichter nachgeschalteten Verflüssiger oder Gaskühler, mindestens einen dem Verflüssiger oder Gaskühler nachgeschalteten Ejektor mit einem jeweiligen Sauganschluss, der mit einem Ausgang des

mindestens einen Verdampfers verbunden ist, wobei der mindestens eine Ejektor derart ausgebildet ist, dass er das von dem Verflüssiger oder Gaskühler erhaltene Kältemittel und das von dem mindestens einen Verdampfer über den Sauganschluss angesaugte Kältemittel dem Sammelbehälter zuführt, und eine Regelungseinrichtung zur Regelung des Betriebs des Kältekreises. Die Regelungseinrichtung ist derart ausgebildet, dass sie den Betrieb des Kältekreises auf Basis einer vorgegebenen Beziehung zwischen dem Zustand des Kältemittels im Sammelbehälter und dem Zustand des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer regelt.

EP 3 330 644 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Kälteanlage und ein Verfahren zur Regelung einer Kälteanlage.

[0002] Eine Kälteanlage, beispielsweise für eine oder mehrere Kühlstellen in Lebensmittelmärkten, betreibt einen Kältekreis mit einem Kältemittel. Die Kälteanlage umfasst einen Sammelbehälter zum Sammeln von Kältemittel, mindestens einen Verdampfer, der derart ausgebildet ist, dass er einen ihm zugeführten flüssigen Anteil des im Sammelbehälter befindlichen Kältemittels verdampft, mindestens einen ersten Verdichter, der derart ausgebildet ist, dass er einen gasförmigen Anteil des im Sammelbehälter befindlichen Kältemittels ansaugt und verdichtet, einen dem mindestens einen ersten Verdichter nachgeschalteten Verflüssiger oder Gaskühler, mindestens einen dem Verflüssiger oder Gaskühler nachgeschalteten Ejektor mit einem jeweiligen Sauganschluss, der mit einem Ausgang des mindestens einen Verdampfers verbunden ist, wobei der mindestens eine Ejektor derart ausgebildet ist, dass er das von dem Verflüssiger oder Gaskühler erhaltene Kältemittel und das von dem mindestens einen Verdampfer über den Sauganschluss angesaugte Kältemittel dem Sammelbehälter zuführt, und eine Regelungseinrichtung zur Regelung des Betriebs des Kältekreises.

[0003] Der Verdampfungsdruck und damit auch die Verdampfungstemperatur, d.h. der Druck und die Temperatur des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer, sind durch die mit dem mindestens einen Verdampfer zu erreichende Kühlstellentemperatur nach oben begrenzt. Bei herkömmlichen Kälteanlagen wird die maximal zulässige Verdampfungstemperatur durch geeignete Regler ermittelt und die Verdampfungstemperatur bzw. der Verdampfungsdruck werden entsprechend nachgeführt.

[0004] Eine Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Kälteanlage zu schaffen, die eine höhere Effizienz gegenüber herkömmlichen Kälteanlagen aufweist.

[0005] Diese Aufgabe wird durch eine Kälteanlage mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst und insbesondere dadurch, dass die Regelungseinrichtung derart ausgebildet ist, dass sie den Betrieb des Kältekreises auf Basis einer vorgegebenen Beziehung zwischen dem Zustand des Kältemittels im Sammelbehälter und dem Zustand des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer regelt.

[0006] Die erfindungsgemäße Kälteanlage erlaubt es, zumindest eine vorgegebene optimale Beziehung zwischen dem Zustand des Kältemittels im Sammelbehälter und dem Zustand des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer derart auszuwählen, dass der mindestens eine Ejektor für zumindest einen Betriebszustand des Kältekreises eine maximale Effizienz erreicht und die von dem mindestens einen Ejektor verrichtete Arbeitsleistung maximiert wird. Hierbei kann die genannte vorgegebene Beziehung als konstanter Wert festgelegt sein oder während des Betriebs der Kälteanlage in Abhängigkeit von weiteren Parametern variieren. Indem die vorgegebene Beziehung der Regelung der Kälteanlage zugrunde gelegt wird, wird eine einfache, stabile Regelung ermöglicht.

[0007] Die genannte vorgegebene Beziehung kann einen einzelnen Wert (z.B. einen einzelnen konstanten oder variablen Wert) oder eine Vielzahl von Werten (z.B. in Form einer Kennlinie, die zusätzliche Abhängigkeiten enthält) umfassen. Insbesondere können durch Verwendung einer Kennlinie unterschiedliche Betriebszustände (einschließlich unterschiedlicher Betriebsparameter) berücksichtigt werden, wie beispielsweise unterschiedliche Druckwerte oder Temperaturwerte des Kältemittels am Eingang des Ejektors oder beispielsweise eine unterschiedliche Parametrierung für einen Sommer- und Winterbetrieb.

[0008] Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen genannt und werden nachfolgend erläutert.

[0009] Vorzugsweise ist der genannte Zustand des Kältemittels im Sammelbehälter durch den Druck und/oder die Temperatur des Kältemittels im Sammelbehälter gegeben, und der genannte Zustand des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer ist durch den Druck und/oder die Temperatur des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer gegeben.

[0010] In besonders vorteilhafter Weise kann die genannte vorgegebene Beziehung zwischen dem Zustand des Kältemittels im Sammelbehälter und dem Zustand des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer ein vorgegebenes Verhältnis zwischen dem Druck des Kältemittels im Sammelbehälter und dem Druck des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer sein. Alternativ kann die genannte vorgegebene Beziehung zwischen dem Zustand des Kältemittels im Sammelbehälter und dem Zustand des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer auch ein vorgegebenes Verhältnis zwischen der Temperatur des Kältemittels im Sammelbehälter und der Temperatur des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer sein.

[0011] Die Regelungseinrichtung kann ferner derart ausgebildet sein, dass sie den Druck des Kältemittels im Sammelbehälter auf einen Sollwert oder einen Sollwertbereich anhand des vorgegebenen Druckverhältnisses (also des vorgegebenen Verhältnisses zwischen dem Druck des Kältemittels im Sammelbehälter und dem Druck des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer) regelt. Alternativ kann die Regelungseinrichtung derart ausgebildet sein, dass sie die Temperatur des Kältemittels im Sammelbehälter auf einen Sollwert oder einen Sollwertbereich anhand des vorgegebenen Temperaturverhältnisses (also des vorgegebenen Verhältnisses zwischen der Temperatur des Kältemittels im Sammelbehälter und der Temperatur des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer) regelt. Dieses

Vorgehen ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn ein erwünschter Wert für den Druck oder die Temperatur des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer vorgegeben ist. Dieser Wert kann über den vorab festgelegten Wert des vorgegebenen Verhältnisses in den Sollwert für den Druck oder die Temperatur des Kältemittels im Sammelbehälter umgerechnet werden, welcher der Regelung zugrunde gelegt wird. Der für die Regelung benötigte Istwert des Drucks bzw. der Temperatur des Kältemittels im Sammelbehälter kann mittels eines am oder im Sammelbehälter vorgesehenen Sensors ermittelt werden.

[0012] Der jeweilige Sollwert kann insbesondere auch einer Begrenzung nach oben und unten unterzogen werden, um einen Sollwertbereich zu erhalten.

[0013] In besonders vorteilhafter Weise kann die Regelungseinrichtung derart ausgebildet sein, dass sie den Druck des Kältemittels im Sammelbehälter auf einen Sollwert $P_{\text{MD-Sollwert}}$ oder einen vorgegebenen Bereich um den Sollwert $P_{\text{MD-Sollwert}}$ regelt, wobei der Sollwert $P_{\text{MD-Sollwert}}$ sich aus der Gleichung $P_{\text{MD-Sollwert}} = \eta_{\text{OPT}} * P_0$ ergibt. In der vorstehenden Gleichung ist η_{OPT} ein vorgegebener Wert für die Beziehung zwischen dem Zustand des Kältemittels im Sammelbehälter und dem Zustand des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer. P_0 ist vorzugsweise ein Sollwert für den Druck des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer. P_0 kann aber auch der Istwert des Drucks des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer sein, der von einem entsprechenden Sensor gemessen werden kann.

[0014] Die von der Regelungseinrichtung verwendete vorgegebene Beziehung zwischen dem Zustand (z.B. Druck oder Temperatur) des Kältemittels im Sammelbehälter und dem Zustand (z.B. Druck oder Temperatur) des Kältemittels nach dem Verdampfer kann insbesondere auf Basis der besonderen Gegebenheiten des oder der Ejektors/en (z.B. Geometrie des Ejektors) festgelegt sein. Da der jeweilige Ejektor eine Vorverdichtung des gasförmigen Kältemittels durchführt und somit für den oder die ersten Verdichter eine Arbeitsentlastung bewirkt, steigt aufgrund der gesteigerten Effizienz des Ejektors auch (indirekt) die Effizienz der gesamten Kälteanlage.

[0015] Zusätzlich zu den besonderen Gegebenheiten des Ejektors können für die Festlegung der genannten vorgegebenen Beziehung weitere Parameter, welche den Gesamtwirkungsgrad der Kälteanlage beeinflussen, jedoch auch unmittelbar berücksichtigt werden. Ein derartiger weiterer Parameter ist insbesondere die Effizienz bzw. Leistungszahl des oder der ersten Verdichter(s). Die Effizienz von Kälteverdichtern hängt maßgeblich von den Eintritts- und Austrittsbedingungen des Verdichters ab. So steigt die Effizienz beispielsweise, wenn in einem vorgelagerten Sammelbehälter und somit am Verdichtereingang der Druck erhöht ist. Die vorstehend im Zusammenhang mit dem Ejektor erläuterte vorteilhafte Wirkung der Vorverdichtung des gasförmigen Kältemittels kann somit gemäß einer Ausführungsform auch dadurch berücksichtigt werden, dass die Regelung des Betriebs des Kältekreis auf einer "überlagerten" Effizienzkennlinie aus Ejektoreffizienz und Verdichtereffizienz basiert, d.h. die genannte vorgegebene Beziehung kann auf Basis einer kombinierten Kennlinie aus Effizienz des mindestens einen Ejektors und Effizienz des mindestens einen ersten Verdichters festgelegt sein. Insbesondere kann die Wahl des genannten Sollwerts für den Druck oder die Temperatur des Kältemittels im Sammelbehälter auf einer solchen "überlagerten" Effizienzkennlinie basieren.

[0016] Als Stellgröße für die von der Regelungseinrichtung durchgeführte Regelung können verschiedene Größen herangezogen werden.

[0017] Insbesondere kann die Regelungseinrichtung derart ausgebildet sein, dass sie zur Regelung des Betriebs des Kältekreis die Saugleistung des oder der ersten Verdichter(s) steuert. Die Steuerung der Saugleistung des jeweiligen Verdichters kann insbesondere durch Anpassen der Drehzahl des Verdichters oder - je nach Typ des Verdichters - durch andere Maßnahmen erfolgen, wie beispielsweise durch Variieren der Anzahl der aktiven Zylinderbänke des Verdichters. Eine Erhöhung der Leistung des jeweiligen ersten Verdichters führt zu einer Absenkung des Drucks des Kältemittels im Sammelbehälter, wohingegen eine Absenkung der Leistung des jeweiligen ersten Verdichters den Druck des Kältemittels im Sammelbehälter erhöht.

[0018] Ferner kann die Regelungseinrichtung derart ausgebildet sein, dass sie parallel zur Regelung des Betriebs des Kältekreis über die Leistung des oder der ersten Verdichter(s), oder auch anstelle dieser Steuerung, einen durch den oder die Ejektor(en) strömenden Treibmittelmassenstrom steuert. Hierfür kann ein (Absperr- oder Regel-)Ventil dem Eingang des jeweiligen Ejektors vorgeschaltet oder in den Ejektor integriert sein, wobei über das Ventil bzw. über dessen Öffnungsquerschnitt der Treibmittelmassenstrom des Ejektors angepasst und somit die Saugleistung des Ejektors variiert werden. Ein solches (Absperr- oder Regel-)Ventil kann stetig oder stufig ausgeführt sein.

[0019] Alternativ zu einem derartigen Ventil am Eingang des jeweiligen Ejektors oder als integrierter Bestandteil des Ejektors kann der Treibmittelmassenstrom durch den Ejektor auch auf andere Weise einstellbar sein, oder es kann ein (Absperr- oder Regel-)Ventil am Ausgang des Ejektors vorgesehen sein.

[0020] Sofern die Druckdifferenz über den jeweiligen Ejektor konstant ist, führt ein größerer Treibmittelmassenstrom durch den Ejektor zu einer Zunahme der beim Drosselvorgang freiwerdenden Energie und somit zu einer höheren Saugleistung des Ejektors. Mit einer höheren Saugleistung stellt sich tendenziell auch ein tieferer Druck des Kältemittels nach dem jeweiligen Verdampfer ein. Ein kleinerer Treibmittelmassenstrom führt demgegenüber zu einer niedrigeren Saugleistung des Ejektors und somit zu einem höheren Druck des Kältemittels nach dem jeweiligen Verdampfer.

[0021] Weiterhin kann zwischen dem Verflüssiger oder Gaskühler und dem Sammelbehälter ein Expansionsventil

angeordnet sein, welches parallel zu dem mindestens einen Ejektor geschaltet ist.

[0022] Gemäß einer Ausführungsform kann mindestens ein zweiter Verdichter zwischen dem mindestens einen Verdampfer und dem Verflüssiger oder Gaskühler angeordnet sein, um gasförmiges Kältemittel vom Ausgang des mindestens einen Verdampfers zu dem Verflüssiger oder Gaskühler zu fördern. Dadurch kann ein Teil des von dem mindestens

5

einen Verdampfer erzeugten Gases direkt wieder dem Verflüssiger oder Gaskühler zugeführt werden.
[0023] Weiterhin kann gasförmiges Kältemittel durch ein zwischen dem Sammelbehälter und dem mindestens einen zweiten Verdichter angeordnetes weiteres Expansionsventil direkt von dem Sammelbehälter zu dem mindestens einen zweiten Verdichter einstellbar strömen, ohne dass dieses Kältemittel den mindestens einen Verdampfer durchläuft.

10

[0024] Die Erfindung bezieht sich auch auf ein Verfahren zur Regelung einer Kälteanlage, die einen Kältekreis mit einem Kältemittel betreibt. Die Kälteanlage umfasst einen Sammelbehälter zum Sammeln von Kältemittel, mindestens einen Verdampfer, der einen ihm zugeführten flüssigen Anteil des im Sammelbehälter befindlichen Kältemittels verdampft, mindestens einen ersten Verdichter, der einen gasförmigen Anteil des im Sammelbehälter befindlichen Kältemittels ansaugt und verdichtet, einen dem mindestens einen ersten Verdichter nachgeschalteten Verflüssiger oder Gaskühler, und mindestens einen dem Verflüssiger oder Gaskühler nachgeschalteten Ejektor mit einem jeweiligen Sauganschluss, der mit einem Ausgang des mindestens einen Verdampfers verbunden ist, wobei der mindestens eine Ejektor das von dem Verflüssiger oder Gaskühler erhaltene Kältemittel und das von dem mindestens einen Verdampfer über den Sauganschluss angesaugte Kältemittel dem Sammelbehälter zuführt. Der Betrieb des Kältekreises wird auf Basis einer vorgegebenen Beziehung zwischen dem Zustand des Kältemittels im Sammelbehälter und dem Zustand des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer geregelt.

15

20

[0025] Weiterhin bezieht sich die Erfindung auf eine Regelungseinrichtung für eine Kälteanlage, wobei die Regelungseinrichtung gemäß einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildet ist.

[0026] Die Erfindung wird nachfolgend lediglich beispielhaft unter Bezugnahme auf die Zeichnungen erläutert.

25

Fig. 1 zeigt in einer schematischen Darstellung den Aufbau einer Kälteanlage gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel.

Fig. 2 zeigt in einer schematischen Darstellung den Aufbau einer Kälteanlage gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel.

30

[0027] Fig. 1 zeigt eine transkritische Kälteanlage 10 zum Betreiben eines Kältekreises mit einem Kältemittel. Die Kälteanlage 10 dient beispielsweise in einem Lebensmittelmarkt zum Kühlen eines Kühlraums, des Inhalts eines Kühlmöbels der Normalkühlung und/oder des Inhalts eines Kühlmöbels der Tiefkühlung. Das Kältemittel kann ein synthetisches oder natürliches Kältemittel, insbesondere CO₂, sein. In Fig. 1 sind Leitungen, durch die das Kältemittel strömt, durch durchgezogene Linien gekennzeichnet, wobei Pfeile die Strömungsrichtung des Kältemittels anzeigen. Signalleitungen zur Übertragung elektrischer und/oder optischer Signale sind durch gestrichelte Linien dargestellt.

35

[0028] Die Kälteanlage 10 umfasst einen Sammelbehälter 11 zum Sammeln von Kältemittel, mindestens einen Verdampfer 12, mindestens einen ersten Verdichter 13, einen Verflüssiger oder Gaskühler 14, mindestens einen Ejektor 15 mit einem jeweiligen Sauganschluss 16 und eine Regelungseinrichtung 17.

40

[0029] Der Eingang des Verdampfers 12 ist über eine Leitung 18 mit dem Sammelbehälter 11 verbunden, wobei die Leitung 18 im unteren Bereich des Sammelbehälters 11 abzweigt. In die Leitung 18 ist stromaufwärts von dem Verdampfer 12 ein Expansionsventil 19 geschaltet.

[0030] Der Eingang des ersten Verdichters 13 ist über eine Saugleitung 20 mit dem Sammelbehälter 11 verbunden, wobei die Saugleitung 20 im oberen Bereich des Sammelbehälters 11 abzweigt. Der Verflüssiger oder Gaskühler 14 ist dem ersten Verdichter 13 nachgeschaltet.

45

[0031] Der Ejektor 15, der statisch oder regelbar sein kann, ist in dem Kältekreis stromabwärts von dem Verflüssiger oder Gaskühler 14 angeordnet. Der Sauganschluss 16 des Ejektors 15 ist über eine Leitung 21 mit dem Ausgang des Verdampfers 12 verbunden. Einem Eingang des Ejektors 15 ist ein Absperr- oder Regelventil 22 vorgeschaltet. Das Absperr- oder Regelventil 22 kann auch in den Ejektor 15 integriert sein. Sofern die Kälteanlage 10 mehrere Ejektoren 15 enthält, sind diese in parallelen Zweigen angeordnet und ihre Sauganschlüsse 16 sind jeweils mit dem Ausgang des Verdampfers 12 verbunden. Außerdem sind den Ejektoren 15 entsprechende Absperr- oder Regelventile 22 vorgeschaltet oder diese sind in die Ejektoren 15 integriert.

50

[0032] Sofern die Kälteanlage 10 mehrere Verdampfer 12 umfasst, können ein oder mehrere Ejektoren 15 mit einem jeweiligen Verdampfer 12 über ihre Sauganschlüsse 16 verbunden sein. Ferner ist in diesem Fall stromaufwärts von jedem der Verdampfer 12 ein jeweiliges Expansionsventil 19 angeordnet.

55

[0033] Darüber hinaus enthält die Kälteanlage 10 einen zu dem Ejektor 15 parallelen Zweig mit einem darin angeordneten Expansionsventil 23, auch Hochdruckdrosselventil genannt. Auf den Zweig mit dem Expansionsventil 23 kann alternativ auch verzichtet werden.

[0034] Die parallelen Zweige mit dem mindestens einen Ejektor 15 und dem Expansionsventil 23 führen zu dem

Sammelbehälter 11, auch Mitteldruckbehälter oder Separator genannt.

[0035] Stromabwärts von dem Verdampfer 12 ist ein Sensor 24 vorgesehen, der den Druck und/oder die Temperatur in der Leitung 21 misst. Ferner misst ein Sensor 25 den Druck und/oder die Temperatur in dem Sammelbehälter 11, und ein Sensor 26 misst den Druck und/oder die Temperatur stromabwärts von dem Verflüssiger oder Verdampfer 14.

[0036] Signalleitungen 27 und 28 verbinden Signalausgänge des Sensors 24 bzw. des Sensors 25 mit Signaleingängen der Regelungseinrichtung 17 und dienen dazu, die von den Sensoren 24 und 25 ermittelten Messwerte der Regelungseinrichtung 17 zuzuführen. Obgleich eine entsprechende Signalleitung in Fig. 1 nicht eingezeichnet ist, können auch die von dem Sensor 26 ermittelten Messwerte der Regelungseinrichtung 17 zugeführt werden. Die Regelungseinrichtung 17 erzeugt anhand der ihr zugeführten Messwerte Steuersignale, die über Signalleitungen 29 und 30 in Steuereingänge des ersten Verdichters 13 und des Absperr- oder Regelventils 22 eingespeist werden.

[0037] Während des Betriebs der Kälteanlage 10 wird der flüssige Anteil des in dem Sammelbehälter 11 gesammelten Kältemittels über die Leitung 18 dem Expansionsventil 19 zugeführt, welches das flüssige Kältemittel in den Verdampfer 12 einspritzt. Der Verdampfer 12 erzeugt ein Gemisch aus gasförmigem und flüssigem Kältemittel, auch Nassdampf genannt, das von dem Ejektor 15 über die Leitung 21 abgesaugt und auf ein höheres Druckniveau gebracht wird. Die von dem Ejektor 15 durchgeführte Vorverdichtung bedeutet eine Arbeitsentlastung für den ersten Verdichter 13. Von dem Ejektor 15 strömt das Kältemittel in den Sammelbehälter 11.

[0038] Der gasförmige Anteil des im Sammelbehälter 11 befindlichen Kältemittels wird von dem ersten Verdichter 13 über die Saugleitung 20 angesaugt und nach der Verdichtung dem Verflüssiger oder Gaskühler 14 zugeführt. Beim anschließenden Drosselvorgang über den Ejektor 15 bzw. das Expansionsventil 23 entsteht zum einen flüssiges Kältemittel für die Versorgung des Verdampfers 12 und zum anderen Drosselgas, welches wieder von dem ersten Verdichter 13 abgeführt werden muss.

[0039] Die Regelungseinrichtung 17 regelt den Betrieb des Kältekreislaufes auf Basis einer zuvor festgelegten optimalen Beziehung zwischen dem Zustand des Kältemittels im Sammelbehälter 11 und dem Zustand des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer 12. Die vorherige Festlegung der genannten optimalen Beziehung kann empirisch (z.B. aufgrund eines oder mehrerer Kalibrierungsläufe des Kältekreislaufes) oder rechnerisch (insbesondere gemäß der speziellen Geometrie des Ejektors und/oder der Auslegung des Kältekreislaufes) erfolgen.

[0040] Ein erwünschter Wert für den Druck P_0 des Kältemittels stromabwärts von dem Verdampfer 12, auch Verdampfungsdruck genannt, oder für die Temperatur T_0 des Kältemittels stromabwärts von dem Verdampfer 12, auch Verdampfungstemperatur genannt, wird über die zuvor festgelegte optimale Beziehung in einen Sollwert für den Druck P_{MD} des Kältemittels im Sammelbehälter 11, auch Sammler- oder Mitteldruck genannt, oder für die Temperatur T_{MD} des Kältemittels im Sammelbehälter 11, auch Sammler- oder Mitteltemperatur genannt, umgerechnet. Dieser Sollwert wird der Regelung zugrunde gelegt. Der Druck P_0 und die Temperatur T_0 werden von dem Sensor 24 gemessen, und der Druck P_{MD} und die Temperatur T_{MD} werden von dem Sensor 25 gemessen.

[0041] Bei der zuvor festgelegten optimalen Beziehung zwischen dem Zustand des Kältemittels im Sammelbehälter 11 und dem Zustand des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer 12 kann es sich insbesondere um ein optimales Druckverhältnis η_{OPT} zwischen dem Druck P_{MD} im Sammelbehälter 11 und dem Druck P_0 des Kältemittels am Ausgang des Verdampfers 12 handeln:

$$\eta_{OPT} = P_{MD} / P_0 \quad (1)$$

[0042] Alternativ können die Drücke P_{MD} und P_0 auch über die korrespondierenden Temperaturen T_{MD} und T_0 ausgedrückt werden.

[0043] Die entsprechende Gleichung zur Berechnung des Sollwerts $P_{MD-Sollwert}$ für den Druck P_{MD} im Sammelbehälter 11 lautet dann:

$$P_{MD-Sollwert} = \eta_{OPT} * P_0 \quad (2)$$

[0044] Für den Druck P_0 wird bevorzugt der Sollwert des Verdampfungsdrucks eingesetzt. Allerdings ist es grundsätzlich auch möglich, den Istwert des von dem Sensor 24 gemessenen Drucks zu verwenden.

[0045] Der durch die Umrechnung ermittelte Sollwert $P_{MD-Sollwert}$ kann einer Begrenzung nach oben und unten unterzogen werden, um einen Sollwertbereich zu erhalten. Die Bereichsgrenzen können fest oder einstellbar sein oder können durch andere Regelprozesse vorgegeben werden. Dadurch wird der Druck P_{MD} unabhängig von dem Sollwert $P_{MD-Sollwert}$ über das optimale Druckverhältnis η_{OPT} in einem vorgebbaren Arbeitsbereich gehalten. Beim Überschreiten der Bereichsgrenzen wird der optimierte Betrieb gezielt verlassen.

[0046] Die optimalen Beziehung zwischen dem Zustand des Kältemittels im Sammelbehälter 11 und dem Zustand

des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer 12 kann beispielsweise von der Geometrie des Ejektors 15, von der Einbausituation des Ejektors 15 und/oder von den generellen Betriebsparametern des Kältekreis, z. B. den Temperaturniveaus, abhängen. Für einen jeweiligen Betrieb der Kälteanlage 10 wird die optimale Beziehung zwischen dem Zustand des Kältemittels im Sammelbehälter 11 und dem Zustand des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer 12 jedoch stets vorab festgelegt und im Betrieb, beispielsweise als Umrechnungswert η_{OPT} , beibehalten.

[0047] Durch Variation des Druckverhältnisses η_{OPT} können der vom Ejektor 15 geförderte Massenstrom sowie der sich einstellende Druckhub zwischen den Drücken P_0 und P_{MD} angepasst werden. Bei steigendem Druckhub $P_{MD} - P_0$ sinkt der geförderte Massenstrom und bei sinkendem Druckhub $P_{MD} - P_0$ steigt der geförderte Massenstrom.

[0048] Zur Einstellung des gewünschten Drucks $P_{MD-Sollwert}$ kann die Regelungseinrichtung 17 die Leistung und insbesondere die Drehzahl des ersten Verdichters 13, der vorzugsweise über einen Frequenzumrichter stetig regelbar ist, anpassen und so direkt Einfluss auf den Druck P_{MD} nehmen. Eine Erhöhung der Leistung des ersten Verdichters 13 führt zu einer Absenkung des Drucks P_{MD} . Eine Absenkung der Leistung des ersten Verdichters 13 führt zu einer Erhöhung des Drucks P_{MD} . Die Regelungseinrichtung 17 regelt über die Leistung des ersten Verdichters 13 den Druck P_{MD} so, dass sich das optimale Druckverhältnis η_{OPT} einstellt.

[0049] Als Alternative zur Regelung über die Leistung des ersten Verdichters 13 oder parallel dazu kann die Regelungseinrichtung 17 über das Absperr- oder Regelventil 22 den Treibmittelmassenstrom des Ejektors 15 anpassen und somit die Saugleistung des Ejektors 15 variieren. Das Absperr- oder Regelventil 22 kann stetig oder stufig ausgeführt sein. Sofern die Druckdifferenz $P_{GC} - P_{MD}$ konstant ist, wobei der Druck P_{GC} von dem Sensor 26 stromabwärts vom Verflüssiger oder Gaskühler 14 gemessen wird, führt ein größerer Treibmittelmassenstrom zu einer Zunahme der beim Drosselvorgang freiwerdenden Energie und somit zu einer höheren Saugleistung des Ejektors 15. Mit einer höheren Saugleistung stellt sich tendenziell auch ein tieferer Druck P_{e} ein. Ein kleinerer Treibmittelmassenstrom führt bei konstanter Druckdifferenz $P_{GC} - P_{MD}$ zu einer niedrigeren Saugleistung des Ejektors 15 und somit zu einem höheren Druck P_0 . Vorzugsweise wird das optimale Druckverhältnis η_{OPT} über die Leistung (z.B. Drehzahl) des ersten Verdichters 13 eingestellt.

[0050] Fig. 2 zeigt eine Kälteanlage 40 zum Betreiben eines Kältekreis mit einem Kältemittel, die eine Weiterbildung der in Fig. 1 dargestellten Kälteanlage 10 ist. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen in Fig. 1 und 2 gleiche Komponenten, welche die oben beschriebenen Funktionen aufweisen.

[0051] Die Kälteanlage 40 enthält zusätzlich zu den Komponenten der Kälteanlage 10 einen zweiten Verdichter 41, auch Niederdruckverdichter genannt, der das gasförmige Kältemittel vom Ausgang des Verdampfers 12 absaugt und verdichtet und anschließend direkt zu dem Verflüssiger oder Gaskühler 14 fördert. Ferner weist die Kälteanlage 40 eine Verbindungsleitung 42 auf, welche die Saugleitung 20 mit dem Eingang des zweiten Verdichters 41 und dem Sauganschluss 16 des Ejektors 15 verbindet. In die Verbindungsleitung 42 ist ein Expansionsventil 43 geschaltet.

[0052] Über das Expansionsventil 43 wird dem zweiten Verdichter 41 gasförmiges Kältemittel aus dem Sammelbehälter 11 zugeführt. Ferner kann dem Verdampfer 12 ein in Fig. 2 nicht dargestellter Behälter zum Sammeln von Kältemittel, auch Saugakkumulator, nachgeschaltet sein.

Bezugszeichenliste

[0053]

- 10 Kälteanlage
- 11 Sammelbehälter
- 12 Verdampfer
- 13 Verdichter
- 14 Verflüssiger oder Gaskühler
- 15 Ejektor
- 16 Sauganschluss
- 17 Regelungseinrichtung
- 18 Leitung
- 19 Expansionsventil
- 20 Saugleitung
- 21 Leitung
- 22 Absperr- oder Regelventil
- 23 Expansionsventil
- 24 Sensor

25	Sensor
26	Sensor
27	Signalleitung
28	Signalleitung
5	29 Signalleitung
	30 Signalleitung
	40 Kälteanlage
	41 Verdichter
	42 Verbindungsleitung
10	43 Expansionsventil

Patentansprüche

- 15 1. Kälteanlage (10, 40) zum Betreiben eines Kältekreises mit einem Kältemittel, umfassend:
- einen Sammelbehälter (11) zum Sammeln von Kältemittel,
 - mindestens einen Verdampfer (12), der derart ausgebildet ist, dass er einen dem Verdampfer (12) zugeführten flüssigen Anteil des im Sammelbehälter (11) befindlichen Kältemittels verdampft,
 - 20 - mindestens einen ersten Verdichter (13), der derart ausgebildet ist, dass er einen gasförmigen Anteil des im Sammelbehälter (11) befindlichen Kältemittels ansaugt und verdichtet,
 - einen dem mindestens einen ersten Verdichter (13) nachgeschalteten Verflüssiger oder Gaskühler (14),
 - mindestens einen dem Verflüssiger oder Gaskühler (14) nachgeschalteten Ejektor (15) mit einem jeweiligen Sauganschluss (16), der mit einem Ausgang des mindestens einen Verdampfers (12) verbunden ist, wobei der
 - 25 - mindestens eine Ejektor (15) derart ausgebildet ist, dass er das von dem Verflüssiger oder Gaskühler (14) erhaltene Kältemittel und das von dem mindestens einen Verdampfer (12) über den Sauganschluss (16) angesaugte Kältemittel dem Sammelbehälter (11) zuführt, und
 - eine Regelungseinrichtung (17) zur Regelung des Betriebs des Kältekreises,
 - dadurch gekennzeichnet, dass**
 - 30 - die Regelungseinrichtung (17) derart ausgebildet ist, dass sie den Betrieb des Kältekreises auf Basis einer vorgegebenen Beziehung zwischen dem Zustand des Kältemittels im Sammelbehälter (11) und dem Zustand des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer (12) regelt.
- 35 2. Kälteanlage (10, 40) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Zustand des Kältemittels im Sammelbehälter (11) durch den Druck und/oder die Temperatur des Kältemittels im Sammelbehälter (11) gegeben ist und der Zustand des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer (12) durch den Druck und/oder die Temperatur des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer (12) gegeben ist.
- 40 3. Kälteanlage (10, 40) nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
die vorgegebene Beziehung zwischen dem Zustand des Kältemittels im Sammelbehälter (11) und dem Zustand des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer (12) ein vorgegebenes Druckverhältnis zwischen dem
- 45 Druck des Kältemittels im Sammelbehälter (11) und dem Druck des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer (12) oder ein vorgegebenes Temperaturverhältnis zwischen der Temperatur des Kältemittels im Sammelbehälter (11) und der Temperatur des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer (12) ist.
- 50 4. Kälteanlage (10, 40) nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Regelungseinrichtung (17) ferner derart ausgebildet ist, dass sie den Druck des Kältemittels im Sammelbehälter (11) auf einen Sollwert oder einen Sollwertbereich anhand des vorgegebenen Druckverhältnisses regelt oder dass sie die Temperatur des Kältemittels im Sammelbehälter (11) auf einen Sollwert oder einen Sollwertbereich anhand des vorgegebenen Temperaturverhältnisses regelt.
- 55 5. Kälteanlage (10, 40) nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Regelungseinrichtung (17) ferner derart ausgebildet ist, dass sie den Druck des Kältemittels im Sammelbehälter

(11) auf einen Sollwert $P_{\text{MD-Sollwert}}$ oder einen vorgegebenen Bereich um den Sollwert $P_{\text{MD-Sollwert}}$ regelt, wobei der Sollwert $P_{\text{MD-Sollwert}}$ sich aus der Gleichung $P_{\text{MD-Sollwert}} = \eta_{\text{OPT}} * P_0$ ergibt, und wobei η_{OPT} ein vorgegebener Wert für die Beziehung zwischen dem Zustand des Kältemittels im Sammelbehälter (11) und dem Zustand des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer (12) ist und P_0 ein Sollwert oder der Istwert des Drucks des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer (12) ist.

- 5
6. Kälteanlage (10, 40) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vorgegebene Beziehung zwischen dem Zustand des Kältemittels im Sammelbehälter (11) und dem Zustand des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer (12) auf Basis einer Effizienz des mindestens einen Ejektors (15), oder auf Basis einer kombinierten Kennlinie aus Effizienz des mindestens einen Ejektors (15) und Effizienz des mindestens einen ersten Verdichters (13) festgelegt ist.
- 10
7. Kälteanlage (10, 40) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regelungseinrichtung (17) ferner derart ausgebildet ist, dass sie zur Regelung des Betriebs des Kältekreis es die Leistung des mindestens einen ersten Verdichters (13) steuert; und/oder dass die Regelungseinrichtung (17) ferner derart ausgebildet ist, dass sie zur Regelung des Betriebs des Kältekreis es einen durch den mindestens einen Ejektor (15) strömenden Treibmittelmassenstrom steuert.
- 15
8. Kälteanlage (10, 40) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** ein zwischen dem Verflüssiger oder Gaskühler (14) und dem Sammelbehälter (11) angeordnetes Expansionsventil (23), welches parallel zu dem mindestens einen Ejektor (15) geschaltet ist.
- 20
9. Kälteanlage (40) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** mindestens einen zwischen dem mindestens einen Verdampfer (12) und dem Verflüssiger oder Gaskühler (14) angeordneten zweiten Verdichter (41), der dazu ausgebildet ist, gasförmiges Kältemittel vom Ausgang des mindestens einen Verdampfers (12) zu dem Verflüssiger oder Gaskühler (14) zu fördern.
- 25
10. Kälteanlage (40) nach Anspruch 9, **gekennzeichnet durch** ein zwischen dem Sammelbehälter (11) und dem mindestens einen zweiten Verdichter (41) angeordnetes weiteres Expansionsventil (43), das dazu ausgebildet ist, gasförmiges Kältemittel vom Sammelbehälter (11) zu dem mindestens einen zweiten Verdichter (41) einstellbar strömen zu lassen.
- 30
11. Verfahren zur Regelung einer Kälteanlage (10, 40), die einen Kältekreis mit einem Kältemittel betreibt, wobei die Kälteanlage (10, 40) umfasst:
- 35
- einen Sammelbehälter (11) zum Sammeln von Kältemittel,
 - mindestens einen Verdampfer (12), der einen ihm zugeführten flüssigen Anteil des im Sammelbehälter (11) befindlichen Kältemittels verdampft,
 - mindestens einen ersten Verdichter (13), der einen gasförmigen Anteil des im Sammelbehälter (11) befindlichen Kältemittels ansaugt und verdichtet,
 - einen dem mindestens einen ersten Verdichter (13) nachgeschalteten Verflüssiger oder Gaskühler (14), und
 - mindestens einen dem Verflüssiger oder Gaskühler (14) nachgeschalteten Ejektor (15) mit einem jeweiligen Sauganschluss (16), der mit einem Ausgang des mindestens einen Verdampfers (12) verbunden ist, wobei der mindestens eine Ejektor (15) das von dem Verflüssiger oder Gaskühler (14) erhaltene Kältemittel und das von dem mindestens einen Verdampfer (12) über den Sauganschluss (16) angesaugte Kältemittel dem Sammelbehälter (11) zuführt,
- 40
- dadurch gekennzeichnet, dass**
- der Betrieb des Kältekreis es auf Basis einer vorgegebenen Beziehung zwischen dem Zustand des Kältemittels im Sammelbehälter (11) und dem Zustand des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer (12) geregelt wird.
- 45
- 50
- 55
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass**

der Zustand des Kältemittels im Sammelbehälter (11) durch den Druck und/oder die Temperatur des Kältemittels im Sammelbehälter (11) gegeben ist und der Zustand des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer (12) durch den Druck und/oder die Temperatur des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer (12) gegeben ist.

5

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12,
dadurch gekennzeichnet, dass

10

die vorgegebene Beziehung zwischen dem Zustand des Kältemittels im Sammelbehälter (11) und dem Zustand des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer (12) ein vorgegebenes Druckverhältnis zwischen dem Druck des Kältemittels im Sammelbehälter (11) und dem Druck des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer (12) oder ein vorgegebenes Temperaturverhältnis zwischen der Temperatur des Kältemittels im Sammelbehälter (11) und der Temperatur des Kältemittels nach dem mindestens einen Verdampfer (12) ist.

14. Verfahren nach Anspruch 13,

15

dadurch gekennzeichnet, dass

der Druck des Kältemittels im Sammelbehälter (11) auf einen Sollwert oder einen Sollwertbereich anhand des vorgegebenen Druckverhältnisses geregelt wird oder dass die Temperatur des Kältemittels im Sammelbehälter (11) auf einen Sollwert oder einen Sollwertbereich anhand des vorgegebenen Temperaturverhältnisses geregelt wird.

20

15. Regelungseinrichtung (17) für eine Kälteanlage (10, 40),

dadurch gekennzeichnet, dass

die Regelungseinrichtung (17) zur Regelung der Kälteanlage (10, 40) gemäß einem Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14 ausgebildet ist.

25

30

35

40

45

50

55

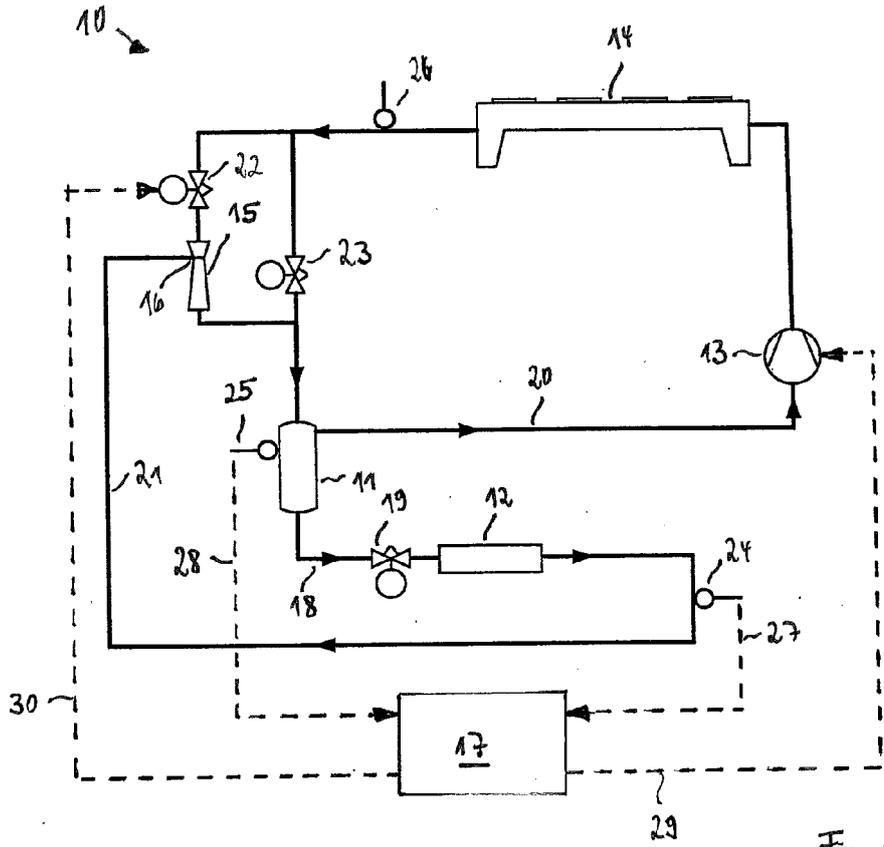


Fig. 1

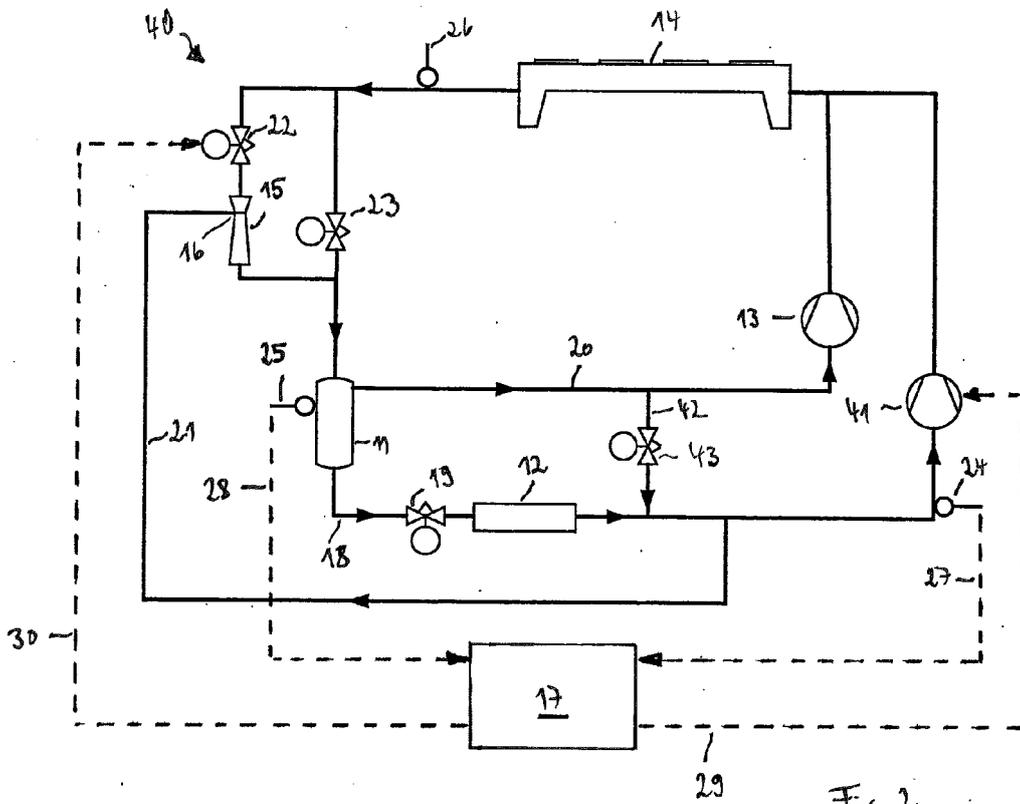


Fig. 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 17 20 1712

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2012/167601 A1 (COGSWELL FREDERICK J [US] ET AL) 5. Juli 2012 (2012-07-05) * & zugehörige Beschreibung; Abbildungen 3,4,11-14,17,18 * -----	1-15	INV. F25B49/02 F25B9/08 F25B30/02
X	US 2004/003608 A1 (TAKEUCHI HIROTSUGU [JP] ET AL) 8. Januar 2004 (2004-01-08) * Absätze [0062], [0063]; Abbildung 8 * -----	1-15	
X	WO 2016/180481 A1 (CARRIER CORP [US]; HELLMANN SASCHA [DE]) 17. November 2016 (2016-11-17) * Seite 2, Zeile 25 - Seite 6, Zeile 14; Abbildung 01 * -----	1-15	
X	EP 1 134 517 A2 (DENSO CORP [JP]) 19. September 2001 (2001-09-19) * Absatz [0060] - Absatz [0076]; Abbildungen 17-21 * -----	1-15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F25B
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 22. Januar 2018	Prüfer Gasper, Ralf
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 17 20 1712

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.

22-01-2018

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2012167601 A1	05-07-2012	CN 103282730 A	04-09-2013
		EP 2661591 A1	13-11-2013
		US 2012167601 A1	05-07-2012
		WO 2012092686 A1	12-07-2012

US 2004003608 A1	08-01-2004	CN 1475716 A	18-02-2004
		DE 10330608 A1	29-01-2004
		US 2004003608 A1	08-01-2004

WO 2016180481 A1	17-11-2016	CN 107532827 A	02-01-2018
		WO 2016180481 A1	17-11-2016

EP 1134517 A2	19-09-2001	AU 747941 B2	30-05-2002
		BR 0101084 A	30-10-2001
		CN 1316636 A	10-10-2001
		EP 1134517 A2	19-09-2001
		EP 1589301 A2	26-10-2005
		KR 20010092335 A	24-10-2001
		US 2001025499 A1	04-10-2001
		US 2002184903 A1	12-12-2002

EPO FORM P0461

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