



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
16.11.2005 Patentblatt 2005/46

(51) Int Cl.7: **F25B 9/00**, F25B 49/02,  
F25B 41/06, B60H 1/32

(21) Anmeldenummer: **05102289.5**

(22) Anmeldetag: **22.03.2005**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA HR LV MK YU**

(72) Erfinder:  
• **Horstmann, Peter**  
71229, Leonberg (DE)  
• **Satzger, Peter**  
86899, Landsberg a. Lech (DE)  
• **Rewers, Gregory**  
71701, Schwieberdingen (DE)

(30) Priorität: **14.05.2004 DE 102004023834**

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH**  
70442 Stuttgart (DE)

(54) **Expansionseinrichtung für ein Kältemittel**

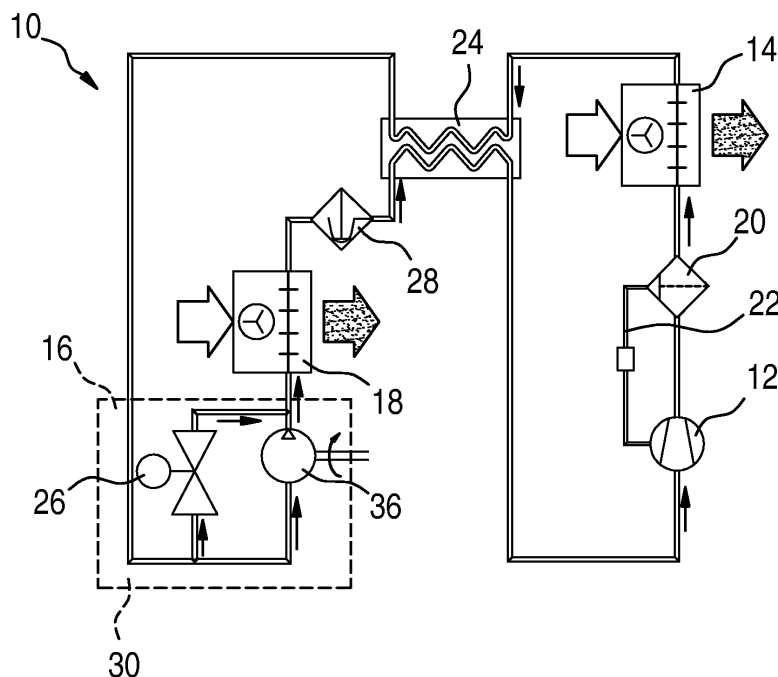
(57) Eine Expansionseinrichtung (16) für ein Kältemittel, insbesondere Expansionseinrichtung (16) zur Regelung des Hochdruckniveaus eines Kältemittelkreislaufs (10) einer Klimaanlage.

Die Expansionseinrichtung (16) umfasst zumindest

ein Expansionsventil (26) und eine Expansionsmaschine (36).

Eine Klimaanlage, insbesondere eine Klimaanlage für ein Kraftfahrzeug mit einem Kältemittelkreislauf (10), der eine solche Expansionseinrichtung (16) aufweist.

Fig. 3



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Expansionseinrichtung für ein Kältemittel, insbesondere eine Expansionseinrichtung zur Regelung des Hochdruckniveaus eines Kältemittelkreislaufs einer Klimaanlage, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Des weiteren betrifft die vorliegende Erfindung eine Klimaanlage mit einer derartigen Expansionseinrichtung.

### Stand der Technik

**[0002]** Die Standardausführung einer Klimaanlage besteht im allgemeinen aus einem Verdampfer, einem Kondensator bzw. Gaskühler, einem Expansionsventil, einem Verdichter und ggf. aus einem inneren Wärmeübertrager. Wird insbesondere das Kältemittel CO<sub>2</sub> verwendet, ist zumindest unter einigen Umgebungsbedingungen eine überkritische Betriebsweise des Kältemittels und des Kältemittelkreislaufs der Klimaanlage erforderlich. Dies bedeutet, dass im Kondensator das Kältemittel nicht kondensiert wird, sondern dass Gas im überkritischen Zustand lediglich abgekühlt wird. Aus diesem Grunde wird der Wärmeübertrager, der in konventionellen Kälteanlagen als Kondensator arbeitet und bezeichnet wird, bei überkritischer Betriebsweise der Kälteanlage auch Gaskühler genannt.

**[0003]** In Kälteanlagen mit Kältemitteln, die aufgrund ihrer thermodynamischen Eigenschaften die Wärme im überkritischen Bereich abgeben, kann der Druck bei der Wärmeabgabe unabhängig von der Temperatur eingestellt werden. Um diesen, gegenüber Kältemitteln mit Wärmeabgabe im Nassdampfgebiet, zusätzlichen Freiheitsgrad nutzen zu können, werden typischer Weise regelbare Expansionsventile eingesetzt. So erfolgt bei dem Kältemittel CO<sub>2</sub> durch ein solches Expansionsventil eine Regelung des Hochdruckniveaus des Kältekreislaufs, so dass der Wirkungsgrad der Kälteanlage oder die Kälteleistung des Kältemittelkreislaufs optimal eingestellt werden können.

**[0004]** Eine Verbesserungsmöglichkeit der skizzierten Standardausführung einer Kälteanlage besteht beispielsweise darin, das Expansionsventil durch eine arbeitsleistende Expansionseinrichtung, eine sogenannten Expansionsmaschine zu ersetzen. Auf diese Weise soll der Expansionsvorgang des Kältekreislaufs effektiver gestaltet und gleichzeitig Expansionsarbeit zurückgewonnen werden. Die Entspannungsenergie des Kältemittels wird somit in mechanische Arbeit umgewandelt und für andere, nachgeschaltete Prozesse nutzbar gemacht.

**[0005]** Aus dem Stand der Technik sind verschiedene technische Lösungen bekannt, um eine Expansionsmaschine praktisch zu realisieren.

**[0006]** Die DE 198 41 686 A1 offenbart eine Verdichterkältemaschine bei dem ein Kältemittel auf überkritischen Druck in einem Verdichter komprimiert wird, anschließend durch Wärmeaustausch mit der Luft mittels

eines Gaskühlers gekühlt und dann einer Expansionsmaschine zugeführt wird. Als Expansions- bzw. Entspannungsmaschine für das gekühlte Kältemittel, welches sich auf kritischem Druckniveau befindet, wird in der Vorrichtung der DE 198 41 686 A1 ein Zahnradmotor verwendet, der ein Gehäuse mit mindestens zwei gegeneinander rotierbaren Zahnrädern aufweist.

**[0007]** Aus der DE 100 13 191 C1 ist eine Klimaanlage, insbesondere eine Klimaanlage für Kraftfahrzeuge bekannt, deren Kältemittelkreislauf eine Zahnradmaschine mit einer Schrägverzahnung aufweist, die als Expansionsmaschine für das überkritische Kältemittel dient. Durch die Zahnradmaschine wird beim Expansionsvorgang des Kältemittels Energie, u. a. durch Zurückgewinnung der Volumenänderungsarbeit, erzeugt, die wiederum im Kältemittelkreislauf zur Verdichtung des Kältemittels verwendet werden kann. Die Klimaanlage der DE 100 13 191 C1 ist derart ausgestaltet, dass das Kältemittel Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) im Kältemittelkreislauf aus einem überkritischen Zustand in einen Nassdampfzustand gebracht wird.

**[0008]** Unabhängig von der jeweils ausgewählten Technologie stellen die Regelungsanforderungen der Expansionsmaschine eine besondere Herausforderung dar.

**[0009]** Ein weiteres Problem besteht darin, dass eine Expansionsmaschine eine Sicherheitsfunktion zu erfüllen hat. Die Expansionsmaschine soll bei zu extremen Belastungen des Systems, ermöglichen, das System in einen stabilen Zustand zurück zu bringen oder gegebenenfalls das System sicher abzuschalten. Diese extremen Bedingungen, die weit von den normalen Betriebszuständen entfernt sind, müssen daher bei der Auslegung der Expansionsmaschine berücksichtigt werden, was eine optimale Auslegung der Expansionsmaschine, insbesondere im Normalbetrieb schwer macht.

### Vorteile der Erfindung

**[0010]** Die erfindungsgemäße Expansionseinrichtung für ein Kältemittel, insbesondere eine solche Expansionseinrichtung zur Regelung des Hochdruckniveaus eines Kältemittelkreislaufs einer Klimaanlage, weist zumindest ein Expansionsventil und eine Expansionsmaschine auf. Durch diesen kombinierten Aufbau der Expansionseinrichtung wird ein Teil der schweren Regelungsaufgaben des Expansionsvorgangs, bzw. auch der Sicherheitsaufgaben der Expansionsmaschine von der Maschine auf das Expansionsventil übertragen. Die Expansionsmaschine hat somit nur noch die Aufgabe der Energierückgewinnung, und die zurückgewonnene Energie in der passenden Form zur weiteren Nutzung bereit zu stellen. Die Einstellung des Hochdrucks sowie die Sicherheitsfunktion wird durch das Expansionsventil der Expansionseinrichtung übernommen.

**[0011]** Auf diese Weise ist es möglich, eine Expansionseinrichtung für ein Kältemittel derart zu betreiben,

dass sowohl die Einstellung des Hochdruckniveaus als auch die Bereitstellung der zurückgewonnenen Energie in voneinander nahezu unabhängiger und damit optimaler Weise durchführbar ist. So kann beispielsweise die Drehzahl der Expansionsmaschine auf die Energienutzung und Umwandlung optimiert werden, ohne dass das einzustellende Hochdruckniveau hierbei zu beachten ist.

**[0012]** Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Merkmale sind vorteilhafte Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Expansionseinrichtung möglich.

**[0013]** In einer vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Expansionseinrichtung sind die Expansionsmaschine und das regelbare Expansionsventil in Reihe zueinander im Kältemittelkreislauf der Klimaanlage angeordnet.

**[0014]** In einer alternativen, vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Expansionseinrichtung sind das regelbare Expansionsventil und die Expansionsmaschine parallel zueinander im Kältemittelkreislauf der Klimaanlage angeordnet. Die Parallelschaltung von Expansionsventil und Expansionsmaschine ermöglicht es zudem die Dimensionierung der Expansionsmaschine zu vereinfachen. Diese kann im Fall der Parallelschaltung nur noch für den üblichen bzw. optimalen Massenstrom ausgelegt werden, wobei das Expansionsventil zum Einsatz kommen würde, falls erhöhte Massenströme auftreten würden.

**[0015]** Eine solche Parallelschaltung der wesentlichen Komponenten der Expansionseinrichtung bedeutet auch hinsichtlich der Sicherheit der Kälteanlage einen nicht zu vernachlässigenden Vorteil. So kann beim Ausfall der Expansionsmaschine das Expansionsventil in einen "Not-Aus-Modus" eintreten und trotz funktionsunfähiger Expansionsmaschine ein sicheres Ausschalten der Anlage gewährleisten.

**[0016]** In vorteilhaften Ausführungsformen ist das Expansionsventil ein regelbares Ventil, mit dem sich das Hochdruckniveau des Kältemittelkreislauf regeln lässt. Dabei kann es sich sowohl um ein extern, als auch um ein intern geregeltes Ventil handeln. Das Expansionsventil kann ein elektrisch betriebenes Ventil oder auch ein mechanisch oder thermisch geregeltes Ventil sein. Eine mögliche Ausführungsform des Expansionsventils welche eingesetzt werden kann, besteht in einem Überströmventil, welches bei einem vorgegebenen Massenstrom des Kühlmittels öffnet.

**[0017]** In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Expansionsvorrichtung, sind deren regelbares Expansionsventil sowie die Expansionsmaschine in einer baulichen Einheit zu einem kompakten Modul zusammengefasst. Ein solches Modul lässt sich in einfacher Weise in entsprechende Kältekreisläufe integrieren.

**[0018]** Da die Regelung des Hochdruckniveaus des Kältemittelkreislaufs im wesentlichen durch das Expansionsventil vorgenommen wird, hat die Expansionsmaschine nur noch die Aufgabe, die zurückgewonnene En-

ergie in passender Form bereitzustellen. So kann die Antriebswelle der Expansionsmaschine beispielsweise direkt mit der Antriebswelle des Kältemittelverdichters verkoppelt bzw. verkoppelbar sein. Dies ist insbesondere eine vorteilhafte Weiterentwicklung der beanspruchten Expansionsvorrichtung, da die Drehzahl der Expansionsmaschine der Expansionsvorrichtung unabhängig von der Regelung des Hochdrucks gewählt werden kann. Eine Anpassung der Drehzahl der Expansionsmaschine an die Drehzahl des Verdichters kann somit frei erfolgen.

**[0019]** Falls die Expansionsmaschine in vorteilhafter Weise eine Vor- oder Nachverdichtungseinrichtung für das Kältemittel antreibt, kann der erzeugte Volumenstrom beliebig eingestellt werden, da er nicht mehr von der Regelung des Hochdruckniveaus des Kältemittels beeinflusst wird. Die Aufgabe einer Regelung der Expansionsmaschine zur Einstellung des Hochdruckniveaus im Kältemittelkreislauf und die Bereitstellung der zurückgewinnbaren mechanischen Energie in passender Form sind in vorteilhafter Weise nicht mehr miteinander verknüpft. Da diese beiden Aufgaben bei Expansionsmaschinen des Standes der Technik unterschiedliche Anforderungen an die Drehzahl der Expansionsmaschine gestellt haben, waren bisher aufwendige Lösungen, wie beispielsweise ein ansteuerbares Getriebe zur Erzielung eines zusätzlichen Freiheitsgrades von Nöten.

**[0020]** Eine vorteilhafte Weiterentwicklung der erfindungsgemäßen Expansionseinrichtung ergibt sich für den Fall, dass die Expansionsmaschine der Expansionseinrichtung mit einer elektrischen Maschine, insbesondere mit einem elektrischen Generator wirkverbunden oder wirkverbindbar ist. Wenn die zurückgewonnene Energie mittels eines Generators in elektrische Energie umgewandelt werden soll, so ist die beanspruchte Expansionseinrichtung von großem Nutzen. Das Expansionsventil der Expansionseinrichtung kann den optimalen Hochdruck einstellen, während die Kennlinie der Expansionsmaschine beispielsweise der Kennlinie eines üblichen KFZ-Generators entspricht. Die Regelung der Ausgangsspannung des Generators wird durch eine solche Anordnung stark vereinfacht. Die frei wählbare Drehzahl der Expansionsmaschine der beanspruchten Expansionsvorrichtung ermöglicht somit eine konstante Ausgangsspannung am Generator. Darüber hinaus können erforderliche Sicherheitsfunktionen optimiert werden.

**[0021]** Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ergibt sich dadurch, dass die Expansionseinrichtung bzw. zumindest die Expansionsmaschine der Expansionseinrichtung in einer baulichen Einheit mit einer elektrischen Maschine, beispielsweise einem Generator ausgestaltet ist. So ist es möglich, beide Maschine, d. h. sowohl die Expansionsmaschine, als auch die elektrische Maschine in einem gemeinsamen Gehäuse, welches typischer Weise eine hermetische Einheit bildet, anzuordnen.

**[0022]** Mit der beanspruchten, erfindungsgemäßen Expansionsvorrichtung lässt sich in vorteilhafter Weise eine Klimaanlage, insbesondere eine dynamisch betriebene Klimaanlage für ein Kraftfahrzeug weiterbilden. Durch die Aufgabenteilung der Komponenten der Expansionsvorrichtung des Kältekreislaufs der Klimaanlage lässt sich sowohl die Regelung des Hochdruckniveaus des Kältemittels und somit der Wirkungsgrad bzw. die Kälteleistung des Kältekreislaufs optimieren als auch zusätzlich Energie durch den Expansionsprozess mittels einer Expansionsmaschine gewinnen. Die somit gewonnene zusätzliche Energie lässt sich in vorteilhafter Weise zum Betrieb weiterer Komponenten der Klimaanlage bzw. des Kältekreislaufs einsetzen.

**[0023]** Insbesondere für ein Kältemittel, welches die Wärme im überkritischen Bereich abgibt, wie dies beispielsweise beim Kältemittel CO<sub>2</sub> der Fall ist, ergibt sich somit eine vorteilhafte Weiterbildung des Kältekreislaufs und einer mit einem solchen Kältekreislauf verbundenen Klimaanlage.

**[0024]** Die erfindungsgemäße Expansionsvorrichtung ermöglicht es somit die Regelung einer Expansionsmaschine zu vereinfachen bzw. eine solche Regelung erst möglich zu machen.

**[0025]** Weitere Vorteile und Merkmale der erfindungsgemäßen Expansionsvorrichtung bzw. einer erfindungsgemäßen Klimaanlage mit einer solchen Expansionsvorrichtung im Kältemittelkreislauf ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung einiger Ausführungsbeispiele.

#### Zeichnungen

**[0026]** In der Zeichnung sind drei Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Expansionsvorrichtung bzw. Beispiele dreier Kältemittelkreisläufe unter Verwendung von erfindungsgemäßen Expansionsvorrichtungen dargestellt, die in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert werden sollen. Die Figuren der Zeichnungen, deren Beschreibung sowie die Ansprüche enthalten zahlreiche Merkmale in Kombination. Ein Fachmann wird diese Merkmale auch einzeln betrachten und zu weiteren, sinnvollen Kombinationen zusammenfassen, die somit als ebenfalls offenbart anzusehen sind.

Es zeigt

#### **[0027]**

Fig. 1 eine schematische Darstellung des Kältemittelkreislaufs einer Klimaanlage,

Fig. 2 ein erstes Ausführungsbeispiel für eine in einem Kältemittelkreislauf angeordnete Expansionsvorrichtung,

Fig. 3 ein zweites Ausführungsbeispiel für eine er-

findungsgemäße Expansionsvorrichtung sowie den zugehörigen Kältemittelkreislauf einer Klimaanlage,

5 Fig. 4. ein weiteres Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Expansionsvorrichtung sowie den zugehörigen Kältemittelkreislauf einer Klimaanlage.

#### 10 Beschreibung der Ausführungsbeispiele

**[0028]** Der in Fig. 1 im Prinzip dargestellte Kältemittelkreislauf 10 einer Klimaanlage weist einen Kompressor 12, einen Kondensator oder Gaskühler 14, eine Expansionsvorrichtung 16 und einen Verdampfer 18 auf, die über entsprechende Verbindungsmittel 20 miteinander verbunden sind und einen geschlossenen Kältemittelkreislauf bilden.

**[0029]** Die Komponenten dieses Kreislaufs werden nach Art eines Kompressionskältekreislaufs betrieben. Hierbei wird zunächst eine Verdichtung eines Kältemittels, beispielsweise des Kältemittels CO<sub>2</sub> durch einen Verdichter, den sogenannten Klimakompressor oder einfach Kompressor, durchgeführt, um die innere Energie des Kältemittels zu erhöhen. Das komprimierte Kältemittel wird anschließend in einem Kondensator oder Verflüssiger durch einen Wärmeaustausch gekühlt. Bei Kältemitteln, die die Wärme im überkritischen Bereich abgeben, wie dies beispielsweise bei dem Kältemittel CO<sub>2</sub> der Fall ist, wird das Kältemittel im Kondensator nicht verflüssigt, sondern als Gas im überkritischen Zustand nur abgekühlt. Aus diesem Grunde wird dieser Wärmeübertrager 14 bei Verwendung der überkritischen Betriebsweise des Kältemittels als Gaskühler bezeichnet. Anschließend wird das so gekühlte Kältemittel mittels einer Expansionsvorrichtung 16 auf einen geringeren Druck ausgedehnt und dabei weiter abgekühlt. Der Expansionsvorrichtung 16 ist in der Regel ein Verdampfer 18 nachgeschaltet, der als Wärmetauscher betrieben wird, um die freiwerdende Kälte des Kältemittels auf ein anderes Medium zu übertragen. Dieses andere Medium, welches über den Verdampfer mit dem kalten, expandierten Kältemittel in Wechselwirkung tritt, kann beispielsweise Luft sein, die einem Fahrzeug Heizungs- bzw. Kühlsystem (Klimaanlage) zugeführt wird.

**[0030]** Durch die Steuerung der Drosselung an der Expansionsvorrichtung des Kältemittelkreislaufs kann der Druck auf der Hochdruckseite des thermodynamischen Kreisprozesses gesteuert bzw. geregelt werden, so dass die spezifische Kälteleistung der Klimaanlage in gewünschter Weise variiert werden kann. So ist es möglich, eine maximale effektive Leistungszahl zu erhalten, indem der Druck der Hochdruckseite des thermodynamischen Kreisprozesses (Hochdruckniveau) in Abhängigkeit von der Temperatur am Gaskühlerausgang oder der Umgebungstemperatur in angepasster Weise eingestellt wird.

**[0031]** Insbesondere bei Kälteanlagen mit Kältemit-

teln, die aufgrund ihrer thermodynamischen Eigenschaften die Wärme im überkritischen Bereich abgeben, kann das Hochdruckniveau bei der Wärmeabgabe unabhängig von der Temperatur eingestellt werden. Um diesen, gegenüber Kältemitteln mit Wärmeabgabe im Nassdampfbereich zusätzlichen Freiheitsgrad in vorteilhafter Weise zu nutzen, können steuer- und/oder regelbare Expansionseinrichtungen genutzt werden.

**[0032]** Fig. 2 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel eines speziellen Kältemittelkreislaufs für eine Klimaanlage unter Verwendung einer erfindungsgemäßen Expansionseinrichtung 16.

**[0033]** Der Kältemittelkreislauf 10 einer CO<sub>2</sub>-Klimaanlage gemäß Figur 2 weist einen Kompressor 12 auf, der beispielsweise elektrisch betrieben oder aber auch über entsprechende Kupplungselemente von der Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeuges angetrieben sein kann. Im Kompressor 12 wird zunächst eine Verdichtung des Kältemittels, im beschriebenen Fall CO<sub>2</sub>, durchgeführt, um die innere Energie des Kältemittels zu erhöhen. In Strömungsrichtung nach dem Verdichter 12 ist ein Abscheider, insbesondere ein Ölabscheider 20 vorgesehen, der dazu dient, die im gasförmigen Kältemittel enthaltenen Ölrückstände abzuscheiden und diese über entsprechende Verbindungsmittel 22 beispielsweise wiederum dem Kompressor 12 zur Schmierung zur Verfügung zu stellen.

**[0034]** Das komprimierte und gegebenenfalls gereinigte Kältemittel wird in einem nachgeschalteten Kondensator bzw. Gaskühler 14 durch einen Wärmeaustausch gekühlt und gibt dabei einen Teil seiner inneren Wärmeenergie an die Klimaanlage, beispielsweise eines Fahrzeuges ab, so dass die Temperatur des Kältemittels absinkt und sich dieses ggf. verflüssigt. Wird als Kältemittel ein transkritisches Kältemittel, wie beispielsweise CO<sub>2</sub> genutzt, so wird das Kältemittel im Gaskühler 14 nicht kondensiert sondern lediglich abgekühlt, so dass man in diesem Fall nicht von einem Kondensator sondern von einem Gaskühler spricht.

**[0035]** Zur weiteren Absenkung der Temperatur des Kältemittels ist im Kältemittelkreislauf 10 gemäß Fig. 2 ein innerer Wärmetauscher 24 vorgesehen, der es ermöglicht das komprimierte, gekühlte Kältemittel mittels des rücklaufenden und bereits expandierten und abgekühlten Kältemittels weiter herunterzukühlen.

**[0036]** Das komprimierte Kältemittel wird nunmehr einer Expansionseinrichtung 16 zugeführt und in dieser auf ein geringeres Druckniveau expandiert. Die erfindungsgemäße Expansionseinrichtung 16 besteht zumindest aus einem geregelten Expansionsventil 26 und einer Expansionsmaschine 36. Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 sind das Expansionsventil 26 und die Expansionsmaschine 36 in Reihe zueinander im Kühlkreislauf 10 des Kältemittels geschaltet. Das Expansionsventil 26 ist dabei ein regelbares Ventil, welches durch eine entsprechende Stellung des Drosselkörpers des Ventils einen gewünschten Öffnungsquerschnitt freigeben kann und somit das Druckniveau auf der

Hochdruckseite des Kältemittelkreislaufs 10 bestimmt. Das Expansionsventil 26 kann beispielsweise ein elektromagnetisch angesteuertes Ventil oder aber auch ein rein mechanisch geregeltes, oder auch ein thermisch geregeltes Ventil sein. Dabei kann es sich sowohl um ein extern, als auch um ein intern geregeltes Ventil handeln. Dem regelbaren Expansionsventil 26 nachgeschaltet ist eine Expansionsmaschine 36, welche prinzipiell durch jede arbeitsleistende Expansionseinrichtung gebildet sein kann.

**[0037]** Als Expansionsmaschinen sind insbesondere denkbar und vorteilhaft, sogenannte Zahnradmaschinen, die eine effektive Umsetzung der Expansionsenergie in mechanische Arbeit ermöglichen. Über eine entsprechende Welle kann die Expansionsmaschine dann mit weiteren nachgeschalteten Komponenten des Kraftfahrzeuges wirkverbunden sein bzw. in einem Anforderungsfall wirkverbunden werden.

**[0038]** Auf diese Weise ist es möglich, den Expansionsvorgang in der Expansionseinrichtung 16 effektiver zu gestalten und gleichzeitig Expansionsarbeit zurückzugewinnen. Hierbei wird die Entspannungseenergie des Kältemittels in mechanische Arbeit umgewandelt und somit für andere Prozesse verfügbar gemacht. So kann beispielsweise durch eine Kopplung der Antriebswelle der Expansionsmaschine 36 mit der Antriebswelle des Verdichters 12, die mit der Expansionsmaschine gewonnene Arbeit direkt wieder im Kältemittelkreislauf genutzt werden. In speziellen Ausführungsbeispielen können hierzu beispielsweise die Expansionsmaschine 36 und der Verdichter 12 in einer baulichen Einheit zusammengefasst werden.

**[0039]** Ebenso vorteilhaft kann es sein, die Expansionseinrichtung 16, bestehend zumindest aus dem regelbaren Expansionsventil 26 und der nachgeschalteten Expansionsmaschine 36 als ein kompaktes Modul in einer baulichen Einheit auszubilden.

**[0040]** Der Expansionseinrichtung 16 nachgeschaltet ist ein Verdampfer 18, der als Wärmetauscher betrieben wird, um die freiwerdende Kälte auf ein Trägermedium zu übertragen. Dieses Trägermedium kann beispielsweise Luft sein, die einem Fahrzeug Heiz- bzw. Kühlsystem (Klimaanlage), welches in Fig. 2 nicht weiter dargestellt ist, in bekannter Weise zugeführt werden.

**[0041]** Dem Verdampfer 18 nachgeschaltet ist im Ausführungsbeispiel der Figur 2 ein sogenannter Sammler 28, der als Flüssigkeitsabscheider bzw. Speicher dient. Ein solcher Sammler 28 ist insbesondere dann von Nöten, wenn die Befüllung des Verdampfers 18 nicht geregelt werden kann. Der Sammler 28 scheidet zum einen die nach dem Verdampfer noch im Kältemittel vorhandenen flüssigen Bestandteile ab und sammelt diese beispielsweise in seinem unteren Bereich. Der Sammler hat zudem die Aufgabe, Kältemittel zu bevorraten, um kleine Leckagen des Systems kompensieren zu können. Mit Hilfe des Sammlers können zudem kleine Ungleichmäßigkeiten des Massenstroms des Kältemittels ausgeglichen werden. Diese treten bei-

spielsweise bei einer Drehzahlanhebung des Kompressors auf. Dabei erhöht sich der Massenstrom des Kältemittels, ohne dass zunächst der Verdampfer 18 mehr Kältemittel verdampfen kann. Das nach dem Verdampfer noch flüssige, d. h. nicht verdampfte Kältemittel wird im Sammler 28 abgeschieden und gespeichert. Bei einer Drehzahlverringerung des Kompressors muss dann das flüssige Kältemittel aus dem Sammler wieder in den Verdampfer 28 befördert werden. Dies erfolgt dadurch, dass das flüssige Kältemittel mittels des Kompressors aus dem Sammler angesaugt und in den Kältemittelkreislauf 10 befördert wird.

**[0042]** Fig. 3 zeigt eine alternative Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Expansionseinrichtung 16 eines Kältemittelkreislaufs 10. Die Expansionseinrichtung 16 gemäß dem Ausführungsbeispiel der Fig. 3 weist zumindest ein regelbares Expansionsventil 26 sowie eine Expansionsmaschine 36 auf. In der Ausführungsform gemäß Fig. 3 sind das Expansionsventil 26 und die Expansionsmaschine 36 parallel zueinander im Kältemittelkreislauf 10 angeordnet. Auch diese Anordnung lässt sich in vorteilhafter Weise durch ein kompaktes Modul 30 realisieren. Die Parallelschaltung der Expansionsmaschine 36 und des Expansionsventils 26 ermöglicht es, die Dimensionierung der Expansionsmaschine 36 zu vereinfachen. Diese kann in diesem Fall dann lediglich für einen üblichen Massenstrom ausgelegt werden. Sollten jedoch erhöhte Massenströme auftreten, so können diese mit Hilfe des Expansionsventils abgeleitet werden. Auf diese Weise ist eine kompakte und einfache Expansionsmaschine verwendbar.

**[0043]** Die Parallelschaltung gemäß dem Ausführungsbeispiel in Fig. 3 bedeutet zudem einen nicht unerheblichen Vorteil für die Sicherheit der Kälteanlage. Bei einem Ausfall der Expansionsmaschine 36 kann das Expansionsventil 26 in einen "Not-Aus-Modus" geregelt werden, der ein sicheres Abschalten der Kälteanlage ermöglicht.

**[0044]** In seinem sonstigen Aufbau entspricht der Kältekreislauf 10 gemäß Ausführungsbeispiel der Fig. 3 dem zuvor beschriebenen Kältekreislauf nach Fig. 2.

**[0045]** Den beiden vorgestellten Kältekreisläufen und insbesondere den beiden Expansionseinrichtungen 16 dieser Kältekreisläufe ist gemeint, dass ein Teil der Regelungsaufgaben der Expansionseinrichtung 16 von der Expansionsmaschine 36 auf das Expansionsventil 26 übertragen wird. Die Expansionsmaschine 36 hat somit nur noch die Aufgabe, die zurückgewinnbare Energie in der gewünschten Form bereitzustellen. Die Regelung des Hochdruckniveaus im Kältekreislauf 10 und somit die Bestimmung der Kälteleistung oder der Wirkungsgrad der Klimaanlage wird in vorteilhafter Weise durch das Expansionsventil 26 übernommen.

**[0046]** Figur 4 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Kältemittelkreislaufs 10 für eine erfindungsgemäße Klimaanlage. In seinem Aufbau entspricht der Kältekreislauf 10 gemäß dem Ausführungsbeispiel der Fig. 4 dem zuvor beschriebenen Kältekreislauf nach Fig. 3, so

dass an dieser Stelle lediglich auf die entsprechende Beschreibung zu Figur 3 verwiesen wird. Im Unterschied zu dem in Figur 3 dargestellten Ausführungsbeispiel besitzt die Expansionseinrichtung 16 des Kältekreislaufs in der Ausführungsform gemäß Figur 4 als Expansionsventil ein Überströmventil 27, welches bei einem vorgebbaren Massenstrom des Kältemittels, bzw. bei einem entsprechenden Druck des Kältemittels auf einen Drosselkörper des Ventils öffnet. Der Drosselkörper des Überströmventils 27 wird dabei durch den auf der Einlassseite des Ventils anliegenden Druck des Kältemittels gegen die Kraft, beispielsweise eines federelastischen Elementes gestellt. Dies ermöglicht die Einstellung des Druckniveaus auf der Hochdruckseite des Kältemittelkreislaufes auf einfache Weise. Aufwendige und dadurch auch kostenintensive elektronisch gesteuerte Expansionsorgane können in diesem Falle vermieden werden.

**[0047]** Dabei kann das Überströmventil 27 beispielsweise als Schiebesitzventil ausgebildet sein. Durch die Modifikation der Spaltgeometrie eines herkömmlichen Schiebesitzventils lässt sich die Dichtheit eines solchen Ventils deutlich verbessern. Insbesondere kann durch eine Verlängerung des Ventilkolbens die Spaltgeometrie zwischen Ventilkolben (Schieberelement) und Kolbenführung (Sitz des Schiebers) des Schiebesitzventils optimiert werden. Eine solche Modifikation ermöglicht die Verwendung des Schiebesitzventils als Expansionsorgan in einer Klimaanlage, so dass eine gute Regelbarkeit bei insgesamt geräuscharmem Betrieb in allen Betriebszuständen ermöglicht wird. Das Überströmventil 27 ist jedoch nicht auf die Bauform eines Schiebesitzventils beschränkt.

**[0048]** Der erfindungsgemäße Kältemittelkreislauf einer Klimaanlage bzw. die erfindungsgemäße Expansionseinrichtung für ein Kältemittel sind nicht auf die in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele beschränkt.

**[0049]** Insbesondere ist die erfindungsgemäße Klimaanlage nicht auf die Verwendung eines inneren Wärmeübertragers im Kältemittelkreislauf beschränkt.

**[0050]** Des Weiteren ist die erfindungsgemäße Expansionsvorrichtung sowie die entsprechende auf Klimaanlage nicht die Verwendung von CO<sub>2</sub> als Kältemittel beschränkt.

#### Patentansprüche

1. Expansionseinrichtung (16) für ein Kältemittel, insbesondere eine Expansionseinrichtung (16) zur Regelung des Hochdruckniveaus eines Kältemittelkreislaufs (10) einer Klimaanlage, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Expansionseinrichtung (16) zumindest ein Expansionsventil (26,27) und eine Expansionsmaschine (36) umfasst.
2. Expansionseinrichtung (16) nach Anspruch 1, da-

- durch gekennzeichnet, dass** das Expansionsventil (26) und die Expansionsmaschine (36) in Reihe zueinander im Kältemittelkreislauf (10) betrieben werden.
3. Expansionseinrichtung (16) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Expansionsventil (26,27) und die Expansionsmaschine (36) parallel zueinander im Kältemittelkreislauf (10) betrieben werden.
4. Expansionseinrichtung (16) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regelung des Expansionsventils (26,27) einen Not-Aus-Modus aufweist, der bei einem Ausfall der Expansionsmaschine (36) ein sicheres Abschalten des Kältemittelkreislaufs (10) ermöglicht.
5. Expansionseinrichtung (16) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Expansionsventil (26,27) und die Expansionsmaschine (36) in einer baulichen Einheit (30) integriert sind.
6. Expansionseinrichtung (16) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Expansionsventil (26) ein geregeltes Ventil ist.
7. Expansionseinrichtung (16) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Expansionsventil (27) ein Überströmventil ist.
8. Expansionseinrichtung (16) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Expansionsmaschine (36) eine Welle aufweist, die abtriebsseitig mit einer Antriebswelle eines Verdichters für ein Kältemittel koppelbar ist.
9. Expansionseinrichtung (16) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Expansionsmaschine (36) eine Vor- oder Nachverdichtungseinrichtung für ein Kältemittel antreibt.
10. Expansionseinrichtung (16) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Expansionsmaschine (36) mit einer elektrischen Maschine, insbesondere einem elektrischen Generator wirkverbunden ist.
11. Klimaanlage, insbesondere Klimaanlage für ein Kraftfahrzeug, mit zumindest einem Kompressor (12), einem Kondensator oder Gaskühler (14) einer Expansionseinrichtung (16) und einem Verdampfer (18), die in geeigneter Weise durch Verbindungsmittel (20) miteinander verbunden sind, um einen Kältemittelkreislauf (10) der Klimaanlage zu bilden, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Expansionseinrichtung (16) des Kältemittelkreislaufs (10) zumindest ein Expansionsventil (26, 27) und eine Expansionsmaschine (36) umfasst.
12. Klimaanlage nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ventil (26,27) der Expansionseinheit (16) ein regelbares Ventil ist.
13. Klimaanlage nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ventil (26,27) der Expansionseinheit (16) ein Überströmventil (27) ist.
14. Klimaanlage nach einem der Ansprüche 11 bis 13, mit einem Kältemittel für den Kältemittelkreislauf (10), das die Wärme im überkritischen Bereich abgibt.
15. Klimaanlage nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kältemittel CO<sub>2</sub> Verwendung findet.

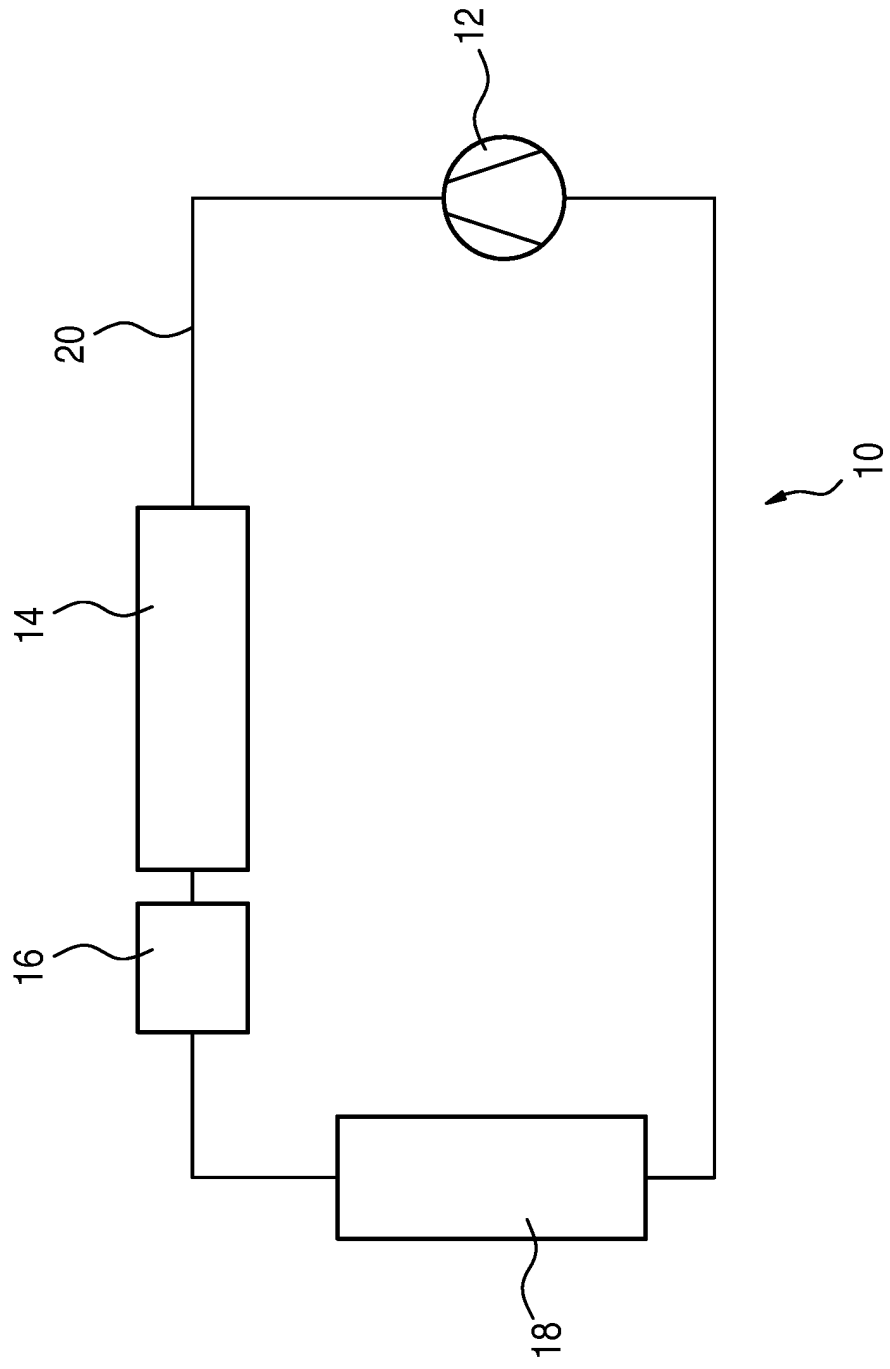


Fig. 1

Fig. 2

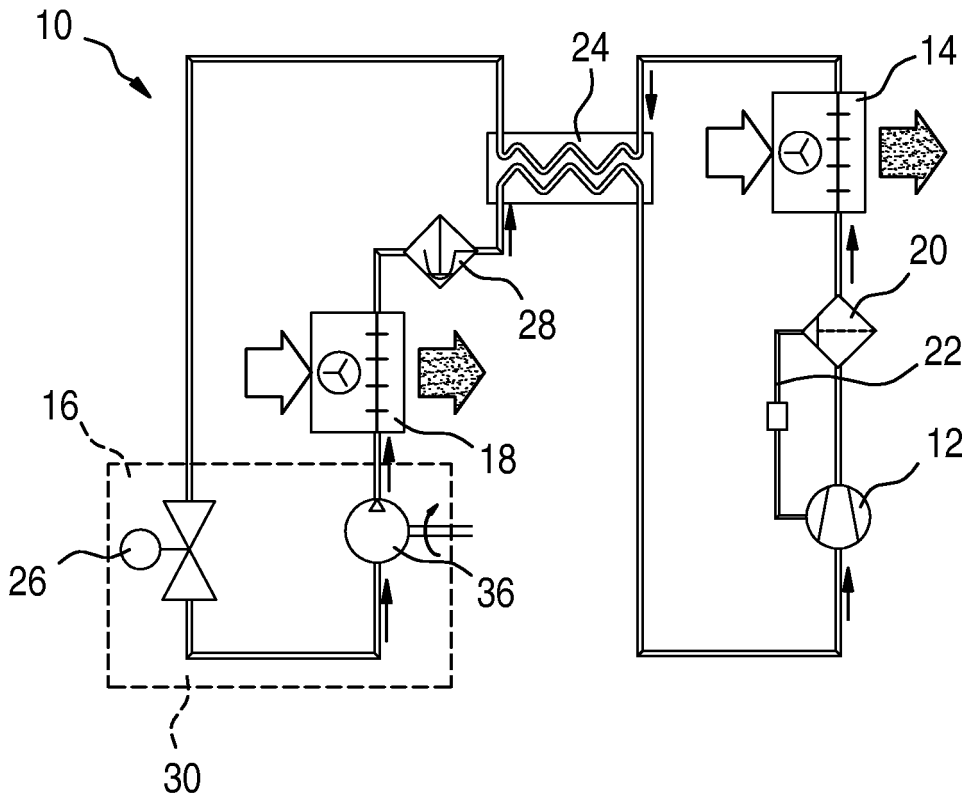


Fig. 3

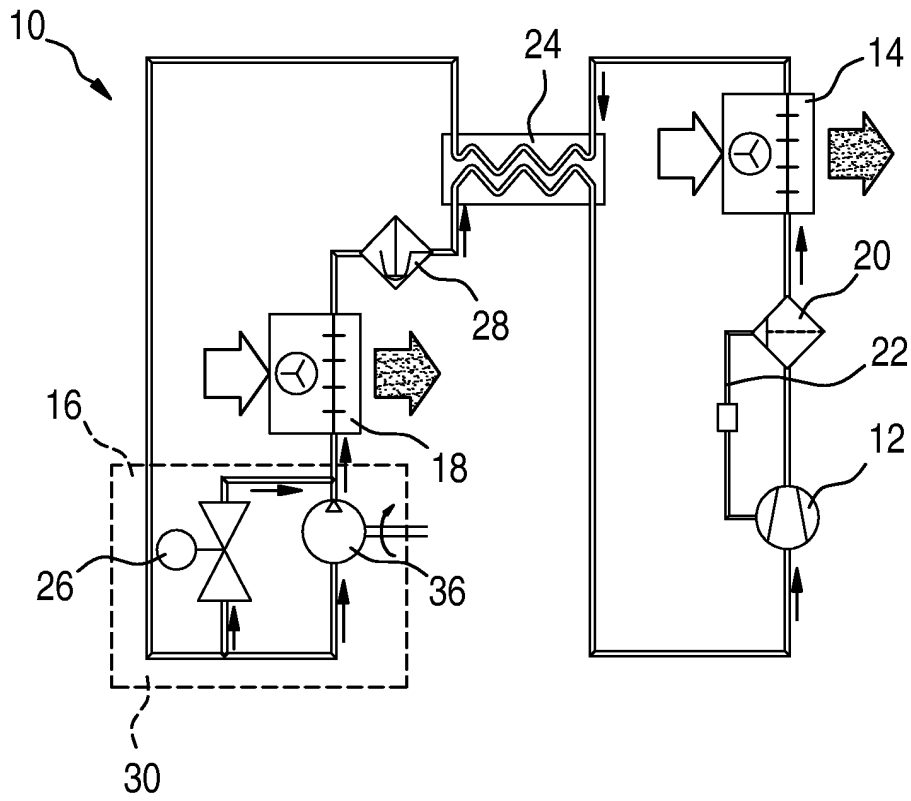


Fig. 4

