



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 043 140 A1** 2008.03.27

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 043 140.5**

(22) Anmeldetag: **14.09.2006**

(43) Offenlegungstag: **27.03.2008**

(51) Int Cl.⁸: **F25B 29/00** (2006.01)

F01K 23/02 (2006.01)

B60H 1/00 (2006.01)

(71) Anmelder:

MAN Nutzfahrzeuge AG, 80995 München, DE

(72) Erfinder:

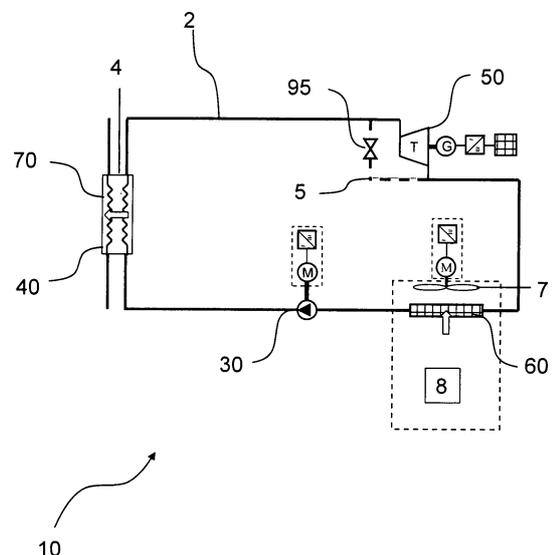
Pflanz, Tassilo, 80687 München, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Gewinnung mechanischer Arbeit aus den thermodynamischen Verlusten einer Klima- und/oder Kälteanlage**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (10, 100, 101, 102, 103) zur Gewinnung mechanischer Arbeit aus den thermodynamischen Verlusten einer als Kompressionswärmepumpe (1, 10) mit geschlossenem Kältemittelkreislauf ausgeführten Klima- und/oder Kälteanlage, bei der anstelle eines Expansionsventils (5) eine Wärmekraftmaschine (50) im Kältemittelkreislauf (2, 20) angeordnet ist, zur Gewinnung mechanischer Arbeit bei der Expansion eines im Kältemittelkreislauf (2, 20) zirkulierenden Kältemittels.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Gewinnung mechanischer Arbeit aus den thermodynamischen Verlusten einer als Kompressionswärmepumpe mit geschlossenem Kältemittelkreislauf ausgeführten Klima- und/oder Kälteanlage.

[0002] In Kraftfahrzeugen (KFZ), wie beispielsweise Stadt- und Reisebussen, werden Klimaanlage zum Komfort der Fahrgäste eingesetzt. Der Kältemittelverdichter der Klimaanlage wird über einen Riemen und häufig auch über eine zuschaltbare Kupplung vom Verbrennungsmotor direkt angetrieben. Ebenfalls bekannt sind elektrische Antriebe für den Kältemittelverdichter. In diesem Fall muss ein Generator, der vom Verbrennungsmotor angetrieben wird, die elektrische Leistung für den elektrischen Antrieb des Kältemittelverdichters erzeugen. Beide Ausführungsformen benötigen mechanische Leistung, die vom Verbrennungsmotor zur Verfügung gestellt wird, und verbrauchen daher Kraftstoff.

[0003] Lebensmittel müssen insbesondere über lange Strecken gekühlt transportiert werden. Neben dem Kraftstoff für den Transport muss auch Kraftstoff für die Kühlung aufgewendet werden. Hierbei kommen wieder die gleichen Ausführungsformen, wie bereits für Klimaanlage in Busfahrzeugen beschrieben, zum Einsatz.

[0004] Die Wellenleistung des Kältemittelverdichters liegt bei Klimaanlage im Bereich von etwa 8 kW bis 12 kW und kann bei Kälteanlagen für Kühlfahrzeuge leicht Werte von bis zu 30 kW erreichen. Die Kältemittelverdichterleistung wird neben dem Wärmestrom aus dem Fahrgastraum oder dem Kühlraum, der das zwei- bis dreifache der Wellenleistung des Kältemittelverdichters betragen kann, ins Kältemittel übertragen und über einen auch als Kühler-Lüftereinheit bezeichneten, mit einem Lüfter versehenen Wärmetauscher auf hohem Temperaturniveau an die Umgebung außerhalb des Fahrzeugs abgegeben.

[0005] Aus DE 195 03 453 A1 ist eine Vorrichtung bekannt, bei der Luft in einem offenen Prozess aus der Umgebung angesaugt, verdichtet und anschließend etwa auf Umgebungstemperatur abgekühlt wird, bevor die Luft expandiert und dadurch auf ein Temperaturniveau unterhalb der Umgebungstemperatur abgekühlt wird. Die kühle Luft wird einem zu klimatisierendem Raum zugeführt. Zur Rückgewinnung eines Teils der beim Verdichten der Luft aufgebrachten Arbeit findet die Expansion in einer Wärmekraftmaschine, beispielsweise in einer Turbine statt, welche einen Generator oder dergleichen antreibt.

[0006] Nachteilig hieran ist der schlechte Wirkungsgrad einer im offenen Prozess arbeitenden Klimaanlage,

da beispielsweise vorteilhafte Auswirkungen der Verdampfungswärme bei der Verwendung von Luft als Kältemittel nicht genutzt werden können. Der offene Prozess ist deshalb auch nicht wirtschaftlich für Kälteanlagen anwendbar. Darüber hinaus ergeben sich durch den offenen Prozess erhebliche hygienische Probleme, beispielsweise durch das Wachstum von in der angesaugten Luft enthaltenen Mikroorganismen im durch kondensierende Luftfeuchtigkeit ein Wachstumsklima aufweisenden Luftkanal.

[0007] Aus DE 10 2004 012 795 A1 und aus DE 10 2005 047 760 A1 sind Vorrichtungen bekannt, bei denen die Abwärme eines Kühlkreislaufs eines Verbrennungsmotors genutzt wird, um eine Wärmekraftmaschine zu betreiben. Die gewonnene Arbeit der Wärmekraftmaschine wird zum Antrieb eines Kältemittelverdichters einer Kompressionswärmepumpe, beispielsweise einer Klimaanlage, zur Verfügung gestellt.

[0008] Nachteilig an den bekannten Vorrichtungen ist, dass aufgrund des geringen Temperaturniveaus und des geringen Wärmeflusses die mittels einer Wärmekraftmaschine entnehmbare, und beispielsweise dem Kältemittelverdichter einer Kompressionswärmepumpe zur Verfügung stehenden Arbeit sehr klein ist. Dadurch muss nach wie vor ein erheblicher Teil der zum Antrieb des Kältemittelverdichters benötigten mechanischen Arbeit extern, beispielsweise durch den Verbrennungsmotor eines KFZ, aufgebracht werden.

[0009] Ein Ziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Vorrichtung zu entwickeln bzw. zur Verfügung zu stellen, welche es erlaubt, den für den Antrieb des Kältemittelverdichters benötigten externen Anteil der durch einen Antriebsmotor aufzubringenden mechanischen Antriebsleistung einer als Kompressionswärmepumpe mit geschlossenem Kühlmittelkreislauf ausgeführten Klima- und/oder Kälteanlage zu verringern.

[0010] Dieses Ziel der Erfindung wird mit dem Gegenstand des unabhängigen Anspruchs erreicht. Merkmale vorteilhafter Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen. Das Ziel wird bei einer Vorrichtung der eingangs genannten Gattung insbesondere erreicht durch eine anstelle eines Expansionsventils im Kältemittelkreislauf angeordnete, vorzugsweise mit einem ebenfalls im Kältemittelkreislauf angeordneten Kältemittelverdichter beispielsweise indirekt elektrisch oder direkt mechanisch verbindbare Wärmekraftmaschine zur Gewinnung von dem Kältemittelverdichter zuführbarer mechanischer Arbeit bei der Expansion eines im Kältemittelkreislauf zirkulierenden Kältemittels. Die gewonnene mechanische Arbeit kann dazu genutzt werden, den extern durch einen Antriebsmotor, beispielsweise durch einen Verbrennungsmotor aufzu-

bringenden Anteil an mechanischer Arbeit zum Betrieb eines Kältemittelverdichters einer als Kompressionswärmepumpe mit geschlossenem Kältemittelkreislauf ausgeführten Klima- und/oder Kälteanlage zu verringern. Die gewonnene mechanische Arbeit kann dabei direkt, beispielsweise über einen Riemen, eine Kette oder ein Getriebe weitergeleitet und genutzt, oder indirekt, beispielsweise durch Umwandlung in elektrische Arbeit mittels eines Generators genutzt werden. Die gewonnene Arbeit kann darüber hinaus auch für andere Zwecke verwendet werden.

[0011] Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist gekennzeichnet durch einen im Kältemittelkreislauf in Zirkulationsrichtung vor der Wärmekraftmaschine angeordneten ersten Wärmetauscher, wobei der erste Wärmetauscher mit einem zweiten, eine zweite Wärmekraftmaschine umfassenden, geschlossenen Kreislauf verbunden ist, in den Abwärme der Kompressionswärmepumpe über den ersten Wärmetauscher auf dem oberen Temperaturniveau der Kompressionswärmepumpe eingekoppelt, und mittels der zweiten Wärmekraftmaschine in beispielsweise dem Kältemittelverdichter zuführbare mechanische Arbeit umgewandelt wird. Dabei bildet der erste Wärmetauscher das hohe Temperaturniveau des zweiten Kreislaufs. Die Anordnung erlaubt sowohl mit der ersten Wärmekraftmaschine mechanische Arbeit bei der Expansion des Kältemittels im Kältemittelkreislauf zu gewinnen, als auch mit der zweiten Wärmekraftmaschine mechanische Arbeit aus der Abwärme des Kältemittelkreislaufs auf dessen hohem Temperaturniveau zu gewinnen.

[0012] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfasst die Vorrichtung einen in dem zweiten Kreislauf angeordneten, mit einem Kühlmittelkreislauf eines Kältemittelverdichters der Kompressionswärmepumpe beispielsweise über einen Riemen, eine Kette oder ein Getriebe direkt oder beispielsweise über einen Generator und einen Elektromotor indirekt antreibenden Verbrennungsmotors verbundenen zweiten Wärmetauscher, so dass Abwärme des Kühlmittelkreislaufs des Verbrennungsmotors zusätzlich zu oder anstelle der Abwärme der Kompressionswärmepumpe in den zweiten Kreislauf eingekoppelt und mittels der zweiten Wärmekraftmaschine in beispielsweise dem Kältemittelverdichter zuführbare mechanische Arbeit umgewandelt wird. Hierbei wird die Einkoppelleistung von Abwärme in den zweiten Kreislauf erhöht, was wiederum eine größere Entnahme an mechanischer Arbeit durch die zweite Wärmekraftmaschine aus dem zweiten Kreislauf ermöglicht. Der Verbrennungsmotor kann dabei gleichzeitig der Fahrmotor eines mit einer als Kompressionswärmepumpe mit geschlossenem Kältemittelkreislauf ausgeführten Klima- und/oder Kälteanlage ausgestatteten KFZ sein.

[0013] Dabei ist denkbar, dass der erste und der

zweite Wärmetauscher in parallel verlaufenden, in Gleichrichtung durchströmten und vorzugsweise unabhängig voneinander absperrbaren Strängen des zweiten Kreislaufs angeordnet sind. Hierdurch wird das Problem umgangen, das auftritt, wenn das untere Temperaturniveau des Kühlmittelkreislaufs, welches das Temperaturniveau des zweiten Wärmetauschers ist, und das obere Temperaturniveau des Kältemittelkreislaufs, welches das Temperaturniveau des ersten Wärmetauschers ist, in etwa gleich sind.

[0014] Alternativ hierzu ist ebenfalls denkbar, dass der erste und der zweite Wärmetauscher hintereinander in Gleichrichtung durchströmt im zweiten Kreislauf angeordnet sind. Diese Anordnung ist vorteilhaft, wenn das untere Temperaturniveau des Kühlmittelkreislaufs, welches das Temperaturniveau des zweiten Wärmetauschers ist, höher ist, als das obere Temperaturniveau des Kältemittelkreislaufs, welches das Temperaturniveau des ersten Wärmetauschers ist. Ist das obere Temperaturniveau des Kältemittelkreislaufs höher als das untere Temperaturniveau des Kühlmittelkreislaufs, ist die Reihenfolge des ersten und zweiten Wärmetauschers zu vertauschen.

[0015] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung einen im zweiten Kreislauf nach dem zweiten Wärmetauscher und vor der zweiten Wärmekraftmaschine angeordneten, mit dem Abgasstrang des Verbrennungsmotors verbundenen dritten Wärmetauscher, über den Abwärme des Abgasstrangs in den zweiten Kreislauf eingekoppelt wird, so dass mit der zweiten Wärmekraftmaschine zusätzlich Abwärme des Abgasstrangs des Verbrennungsmotors in beispielsweise dem Kältemittelverdichter zuführbare mechanische Arbeit umgewandelt wird.

[0016] Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist gekennzeichnet durch einen im zweiten Kreislauf nach dem zweiten Wärmetauscher und vor der zweiten Wärmekraftmaschine angeordneten, dritten Wärmetauscher, über den Wärme aus einem eine dritte Wärmekraftmaschine umfassenden dritten, über einen vierten Wärmetauscher mit dem Abgasstrang des Verbrennungsmotors verbundenen Kreislauf in den zweiten Kreislauf eingekoppelt wird, wobei der dritte Wärmetauscher das untere Temperaturniveau des dritten Kreislaufs, und der vierte Wärmetauscher das obere Temperaturniveau des dritten Kreislaufs darstellt, und mittels der zwischen drittem und viertem Wärmetauscher angeordneten dritten Wärmekraftmaschine Abwärme des Abgasstrangs des Verbrennungsmotors in beispielsweise dem Kältemittelverdichter zuführbare mechanische Arbeit umgewandelt wird.

[0017] Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass der mit dem Abgasstrang des Verbrennungsmotors verbundene Wärmetauscher

nach einem im Abgasstrang angeordneten Abgasturbolader mit dem Abgasstrang verbunden ist.

[0018] Geeignete Ausführungsformen der in der erfindungsgemäßen Vorrichtung einsetzbaren Wärmekraftmaschinen sind beispielsweise Turbomaschinen oder Stirlingmotoren. Grundsätzlich ist denkbar, die Abwärmen anstelle mittels Wärmekraftmaschinen, die mechanische Arbeit zur Verfügung stellen, mittels thermoelektrischer Wandler, wie sie beispielsweise aus Radioisotopenbatterien, aus solarthermischen Raumfahrtanwendungen und dergleichen bekannt sind, in elektrische Arbeit umzuwandeln und zu nutzen.

[0019] Die Erfindung wird anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert.

[0020] [Fig. 1](#) zeigt eine schematische Darstellung des Aufbaus einer herkömmlichen Klima- oder Kälteanlage nach dem Stand der Technik,

[0021] [Fig. 2](#) zeigt eine schematische Darstellung des Aufbaus einer ersten erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0022] [Fig. 3](#) zeigt eine schematische Darstellung des Aufbaus einer zweiten erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0023] [Fig. 4](#) zeigt eine schematische Darstellung des Aufbaus einer dritten erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0024] [Fig. 5](#) zeigt eine Detailansicht eines alternativen Ausführungsbeispiels der Vorrichtung aus [Fig. 4](#),

[0025] [Fig. 6](#) zeigt eine schematische Darstellung des Aufbaus einer vierten erfindungsgemäßen Vorrichtung und

[0026] [Fig. 7](#) zeigt eine schematische Darstellung des Aufbaus einer fünften erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0027] Klimaanlage zur Temperierung eines Fahrgastraums **8** und Kälteanlagen zur Kühlung eines Lade- oder Kühlraums in KFZ sind typischerweise als Kompressionswärmepumpen ausgeführt. Bei einer in [Fig. 1](#) dargestellten Kompressionswärmepumpe **1** nach dem Stand der Technik wird in einem geschlossenen Kältemittelkreislauf **2** ein Kältemittel mittels eines Kältemittelverdichters **3** auf ein höheres Druckniveau angehoben. Dabei steigt das Temperaturniveau des Kältemittels, da ein Teil der vom Kältemittelverdichter **3** in das Kältemittel eingebrachten mechanischen Energie in Wärme umgewandelt wird. Mittels eines Kondensators **4**, der einen als Kühler-Lüfter-

einheit ausgeführten Wärmetauscher umfasst, wird das Kältemittel vom hohen Temperaturniveau isobar bis auf etwa Umgebungstemperatur abgekühlt. Die überschüssige Wärme wird dabei an die Umgebung **9** abgegeben. Anschließend wird das Kältemittel mittels eines beispielsweise als Drossel ausgeführten Expansionsventils **5** entspannt. Dabei sinken Druck und Temperatur des Kältemittels. Das Kältemittel wird nun einem als Verdampfer **6** ausgeführten Wärmetauscher zugeführt, über den es Wärme beispielsweise aus einem Fahrgastraum **8** oder einem Laderaum zuzuführenden Luftstrom aufnimmt. Der Luftstrom kann dabei auch im Fahrgast- oder Laderaum umgewälzt werden. Das vorher vorzugsweise flüssige Kältemittel verdampft im Verdampfer **6** unter erheblichem Entzug von Wärmeenergie aus dem Luftstrom. Das Kältemittel wird nun wieder dem Kältemittelverdichter **3** zugeführt und der Prozess beginnt von vorn. Als Kältemittel für den Kältemittelkreislauf **2** eignet sich beispielsweise CO₂.

[0028] Eine in [Fig. 2](#) dargestellte, erfindungsgemäße Kompressionswärmepumpe **10** umfasst ebenfalls einen geschlossenen Kältemittelkreislauf **20**, einen Kältemittelverdichter **30**, einen als Kondensator ausgeführten ersten Wärmetauscher **40**, mit dem das im Kältemittelkreislauf **20** zirkulierende Kältemittel nach der Druckerhöhung auf ein niedrigeres Temperaturniveau abgekühlt wird, sowie einen beispielsweise in einem Fahrgastraum **8** oder einem Kühlraum angeordneten, mit einem Lüfter versehenen Verdampfer **60**, über den dem Fahrgastraum **8** oder dem Kühlraum Wärme entzogen wird. Der erste Wärmetauscher **40** kann dabei das Kältemittel mittels eines Luftstroms auf etwa Umgebungstemperatur abkühlen, oder, wie in [Fig. 2](#) angedeutet, die Abwärme in einen zweiten, nur schematisch angedeuteten Kreislauf **70** einkoppeln. Die erfindungsgemäße Vorrichtung unterscheidet sich gegenüber der Kompressionswärmepumpe in [Fig. 1](#) im Wesentlichen darin, dass das Expansionsventil **5** durch eine als Turbomaschine ausgeführte erste Wärmekraftmaschine **50** ersetzt ist, um mechanische Arbeit bei der Expansion des Kältemittels zu gewinnen. Die so gewonnene mechanische Arbeit kann von der Wärmekraftmaschine **50** beispielsweise direkt über eine mechanische Kopplung, oder indirekt durch Umwandlung in elektrische Arbeit mittels eines Generators **G** dem Kältemittelverdichter **30** bzw. einem den Kältemittelverdichter **30** oder ein anderes Aggregat antreibenden Elektromotor **M** zugeführt werden, um den extern durch einen Antriebsmotor, beispielsweise durch einen Verbrennungsmotor aufzubringenden Anteil an mechanischer Arbeit zum Betrieb des Kältemittelverdichters **30** zu verringern. Als Kältemittel für den Kältemittelkreislauf **20** eignet sich beispielsweise CO₂. Im Kondensator befindet sich das Kältemittel aufgrund der stattfindenden Abkühlung in einem flüssigen Zustand.

[0029] Gemäß einer alternativen Ausführungsform kann die Turbine **50** durch eine Kombination aus einem Rekuperator **95** und einem Expansionsventil **5** ersetzt werden. Die Restwärme im Arbeitsmittelkreislauf kann zum Teil über einen Rekuperator **95** für eine erste Vorheizung des Arbeitsmittels wieder eingekoppelt werden. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird der Rekuperator **110** nur in [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) gezeigt. Er lässt sich aber in grundsätzlich allen Schaltungen der [Fig. 2](#) bis [Fig. 7](#) vorsehen.

[0030] Bei der in [Fig. 3](#) dargestellten erfindungsgemäßen Vorrichtung **100** ist ein im Kältemittelkreislauf **20** der Kompressionswärmepumpe **10** in Zirkulationsrichtung vor der Wärmekraftmaschine **50** angeordneter erster Wärmetauscher **40** mit einem zweiten, eine zweite Wärmekraftmaschine **71** umfassenden, geschlossenen Kreislauf **70** verbunden. Über den ersten Wärmetauscher **40** wird Abwärme auf dem oberen Temperaturniveau der Kompressionswärmepumpe **20** in den zweiten Kreislauf **70** eingekoppelt und mittels der zweiten Wärmekraftmaschine **71** in beispielsweise dem Kältemittelverdichter **30** zuführbare mechanische Arbeit umgewandelt. Dabei bildet der erste Wärmetauscher **40** das hohe Temperaturniveau des zweiten Kreislaufs **70**. Die Anordnung erlaubt sowohl mit der ersten Wärmekraftmaschine **50** mechanische Arbeit bei der Expansion des Kältemittels im Kältemittelkreislauf **20** zu gewinnen, als auch mit der zweiten Wärmekraftmaschine **71** mechanische Arbeit aus der Abwärme des Kältemittelkreislaufs **20** auf dessen hohem Temperaturniveau zu gewinnen. Nach wie vor verfügt der Kältemittelkreislauf **20** über einen beispielsweise in einem Fahrgastraum **8** eines KFZ angeordneten Verdampfer **60**, der beispielsweise mit Lüfter ausgeführt ist. Ebenso verfügt der zweite Kreislauf **70** über einen Kondensator **72** für das untere Temperaturniveau sowie über eine Pumpe **73**, mit der ein Arbeitsmittel auf ein höheres Druckniveau gefördert wird. Als Arbeitsmittel für den zweiten Kreislauf **70** eignen sich beispielsweise Ammoniak, CO₂ und ähnliche Kältemittel. In [Fig. 3](#) ist darüber hinaus angedeutet, wo im Vergleich zum Kältemittelkreislauf **2** in [Fig. 1](#) im Kältemittelkreislauf **20** die Wärmekraftmaschine **50** anstelle des Expansionsventils **5** angeordnet ist.

[0031] Optional kann die Restwärme nach der Turbine **71** zum Teil über einen Rekuperator **95** für eine erste Vorheizung des Arbeitsmittels nach dem Kondensator **72** wieder eingekoppelt werden. Die Reihenfolge der Komponenten muss in Abhängigkeit von ihrem jeweiligen Temperaturniveau gewählt und kann daher auch vertauscht werden. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird der Rekuperator **95** nur in [Fig. 3a](#) gezeigt. Er lässt sich aber in grundsätzlich allen Schaltungen der [Fig. 1](#) bis [Fig. 7](#) vorsehen.

[0032] Die nun verbleibende Restwärme des Arbeitsmittelkreislaufs wird über ein als Kondensator **72**

arbeitendes, mit einem Lüfter **7** versehenes Kühlernetz an die Umgebung **9** abgegeben. Eine Arbeitsmittelpumpe **73** führt dem ersten Wärmetauscher **40** wieder abgekühltes Arbeitsmittel zu. Der Einbau des Rekuperators **95** ist optional.

[0033] Die in [Fig. 4](#) dargestellte erfindungsgemäße Vorrichtung **101** unterscheidet sich von der Vorrichtung **100** in [Fig. 3](#) im Wesentlichen durch einen in dem zweiten Kreislauf **70** angeordneten, mit einem Kühlmittelkreislauf **80** eines den Kältemittelverdichter **30** der Kompressionswärmepumpe **10** beispielsweise über einen Riemen, eine Kette oder ein Getriebe direkt oder beispielsweise über einen Generator G und einen Elektromotor M indirekt antreibenden Verbrennungsmotors **81** verbundenen zweiten Wärmetauscher **74**, so dass Abwärme des Kühlmittelkreislaufs **80** des Verbrennungsmotors **81** zusätzlich zu oder anstelle der Abwärme der Kompressionswärmepumpe **20** in den zweiten Kreislauf **70** eingekoppelt und mittels der zweiten Wärmekraftmaschine **71** in beispielsweise dem Kältemittelverdichter **30** zuführbare mechanische Arbeit umgewandelt wird. Der erste **40** und der zweite Wärmetauscher **74** sind hintereinander in Gleichrichtung durchströmt im zweiten Kreislauf **70** angeordnet. In [Fig. 4](#) ist nochmals dargestellt, wo im Vergleich zum Kältemittelkreislauf **2** in [Fig. 1](#) im Kältemittelkreislauf **20** die Wärmekraftmaschine **50** anstelle des Expansionsventils **5** angeordnet ist.

[0034] Ebenfalls ist denkbar, dass der erste **40** und der zweite Wärmetauscher **74** wie in [Fig. 5](#) dargestellt, in parallel verlaufenden, in Gleichrichtung durchströmten und unabhängig voneinander absperrbaren Strängen **75** des zweiten Kreislaufs **70** angeordnet sind.

[0035] Gemäß einem weiteren, in [Fig. 6](#) dargestellten Ausführungsbeispiel umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung **102** einen im zweiten Kreislauf **70** nach dem zweiten Wärmetauscher **74** und vor der zweiten Wärmekraftmaschine **71** angeordneten, mit dem Abgasstrang **82** des Verbrennungsmotors **81** verbundenen dritten Wärmetauscher **76**, über den Abwärme des Abgasstrangs **82** in den zweiten Kreislauf **70** eingekoppelt wird, so dass mit der zweiten Wärmekraftmaschine **71** die Abwärme des Abgasstrangs **82** des Verbrennungsmotors **81** in beispielsweise dem Kältemittelverdichter **30** zuführbare mechanische Arbeit umgewandelt wird. Der mit dem Abgasstrang **82** des Verbrennungsmotors **81** verbundene dritte Wärmetauscher **76** ist dabei nach einem im Abgasstrang **82** angeordneten Abgasturbolader **83** mit dem Abgasstrang **82** verbunden. Aufgrund des höheren Temperaturniveaus und der höheren erzielbaren Temperaturdifferenz zwischen oberem und unterem Temperaturniveau im zweiten Kreislauf **70** kann bei der Vorrichtung **102** die zweite Wärmekraftmaschine **71** als zweistufige Turbomaschine ausge-

führt sein. In [Fig. 6](#) sind darüber hinaus die auftretenden Temperaturniveaus in den einzelnen Kreisläufen **20**, **70**, **80** vor und hinter den jeweiligen Wärmetauschern und Wärmekraftmaschinen dargestellt.

[0036] Eine in [Fig. 7](#) dargestellte erfindungsgemäße Vorrichtung **103** umfasst einen im zweiten Kreislauf **70** nach dem zweiten Wärmetauscher **74** und vor der zweiten Wärmekraftmaschine **71** angeordneten, dritten Wärmetauscher **77**, über den Wärme aus einem eine dritte Wärmekraftmaschine **91** umfassenden dritten, über einen vierten Wärmetauscher **92** mit dem Abgasstrang **82** des Verbrennungsmotors **81** verbundenen Kreislauf **90** in den zweiten Kreislauf **70** eingekoppelt wird, wobei der dritte Wärmetauscher **77** das untere Temperaturniveau des dritten Kreislaufs **90**, und der vierte Wärmetauscher **92** das obere Temperaturniveau des dritten Kreislaufs **90** darstellt, und mittels der zwischen viertem **92** und drittem Wärmetauscher **77** angeordneten dritten Wärmekraftmaschine **91** Abwärme des Abgasstrangs **82** des Verbrennungsmotors **81** in beispielsweise dem Kältemittelverdichter **30** zuführbare mechanische Arbeit umgewandelt wird. Auch hierbei ist der mit dem Abgasstrang **82** des Verbrennungsmotors **81** verbundene Wärmetauscher **92** nach einem im Abgasstrang **82** angeordneten Abgasturbolader **83** mit dem Abgasstrang **82** verbunden.

[0037] Für den Fachmann ist klar erkennbar, dass ein Gedanke der Erfindung auch dann verwirklicht ist, wenn wie in den [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) angedeutet, im Kältemittelkreislauf **20** ein Expansionsventil **5** anstelle einer Wärmekraftmaschine **50** angeordnet ist.

[0038] Wichtig ist hervorzuheben, dass dann, wenn eine in [Fig. 1](#) dargestellte Kompressionswärmepumpe **1** in einem KFZ eingebaut ist, entweder der als Verbrennungsmotor ausgeführte Fahrmotor des KFZ oder ein gesonderter, ebenfalls als Verbrennungsmotor ausgeführter Kälteanlagenantrieb die Antriebsleistung des Kältemittelverdichters von beispielsweise bis zu 30 kW zur Verfügung stellt. Der durch den Verbrennungsmotor aufzubringende Anteil wird durch eine in den [Fig. 2](#) bis [Fig. 7](#) dargestellte Vorrichtung verringert. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, indem das Expansionsventil ([Fig. 1](#)) gegen eine Wärmekraftmaschine ([Fig. 2](#)) ausgetauscht wird, welche beispielsweise einen Generator zur Erzeugung elektrischer Arbeit antreiben kann. Erfindungsgemäß wird in einem weiteren Ausführungsbeispiel ([Fig. 3](#)) die geförderte Wärmemenge aus Fahrgast- oder Kühlraum ebenfalls zum Antrieb einer getrennten Wärmekraftmaschine genutzt. Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird die geförderte Wärmemenge aus Fahrgast- oder Kühlraum bei einer geeigneten Auslegung des Kältemittelkreislaufs auf ein Temperaturniveau angehoben werden, das es ermöglicht, die Wärmeenergie in einem weiteren Arbeitsmittelprozess im Fahrzeug we-

nigstens zum Teil zu nutzen ([Fig. 4](#) bis [Fig. 7](#)).

[0039] Ebenfalls wichtig ist hervorzuheben, dass die gewonnene mechanische Arbeit nicht nur zum Antrieb des Kältemittelverdichters verwendet werden kann, sondern es grundsätzlich auch denkbar ist, beispielsweise bei einem Leistungsüberschuss, die gewonnene mechanische Energie auch zum Antrieb einer KFZ oder zum Betrieb bestimmter Aggregate, beispielsweise zum Antrieb des Generators, des Kompressors für Fahrwerk und Bremsen oder dergleichen zu verwenden.

[0040] Die Erfindung ist insbesondere im Bereich der Herstellung von Klima- und Kälteanlagen zum Einsatz in KFZ gewerblich anwendbar.

Bezugszeichenliste

1	Kompressionswärmepumpe
2	Kältemittelkreislauf
3	Kältemittelverdichter
4	Kondensator
5	Expansionsventil
6	Verdampfer
7	Lüfter/Kühlung
8	Fahrgastraum
9	Umgebung
10	Kompressionswärmepumpe
20	Kältemittelkreislauf
30	Kältemittelverdichter
40	erster Wärmetauscher
50	erste Wärmekraftmaschine/Turbine
60	Verdampfer
70	zweiter Kreislauf
71	zweite Wärmekraftmaschine
72	Kondensator
73	Pumpe
74	zweiter Wärmetauscher/Verdampfer
75	Strang
76	dritter Wärmetauscher
77	dritter Wärmetauscher
80	Kühlkreislauf
81	Verbrennungsmotor
82	Abgasstrang
83	Abgasturbolader
90	dritter Kreislauf
91	dritte Wärmekraftmaschine
92	vierte Wärmetauscher
95	Rekuperator
100, 101, 102, 103	Vorrichtung
G	Generator
M	Elektromotor
T	Turbine

Patentansprüche

1. Vorrichtung (**10**, **100**, **101**, **102**, **103**) zur Ge-

winnung mechanischer Arbeit aus den thermodynamischen Verlusten einer als Kompressionswärmepumpe (1, 10) mit geschlossenem Kältemittelkreislauf ausgeführten Klima- und/oder Kälteanlage, gekennzeichnet durch einen im Kältemittelkreislauf (20) in Zirkulationsrichtung vor der Wärmekraftmaschine (50) angeordneten ersten Wärmetauscher (40), wobei der erste Wärmetauscher (40) mit einem zweiten, eine Wärmekraftmaschine (71) umfassenden, geschlossenen Kreislauf (70) verbunden ist, in den Abwärme der Kompressionswärmepumpe (1, 10) eingekoppelt, und mittels der zweiten Wärmekraftmaschine (71) in mechanische Arbeit umgewandelt wird.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine anstelle eines Expansionsventils (5) im Kältemittelkreislauf (2, 20) angeordnete Wärmekraftmaschine (50) zur Gewinnung mechanischer Arbeit bei der Expansion eines im Kältemittelkreislauf (2, 20) zirkulierenden Kältemittels.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen in dem zweiten Kreislauf (70) angeordneten, mit einem Kühlmittelkreislauf (80) eines einen Kältemittelverdichter (3, 30) der Kompressionswärmepumpe (1, 10) direkt oder indirekt antreibenden Verbrennungsmotors (81) verbundenen zweiten Wärmetauscher (74), so dass Abwärme des Kühlmittelkreislaufs (80) des Verbrennungsmotors (81) zusätzlich zu oder anstelle der Abwärme der Kompressionswärmepumpe (1, 10) in den zweiten Kreislauf (70) eingekoppelt und mittels der zweiten Wärmekraftmaschine (71) in mechanische Arbeit umgewandelt wird.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der erste (40) und der zweite Wärmetauscher (74) in parallel verlaufenden, in Gleichrichtung durchströmten und unabhängig voneinander absperrbaren Strängen (75) des zweiten Kreislaufs (70) angeordnet sind.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der erste (40) und der zweite Wärmetauscher (74) hintereinander in Gleichrichtung durchströmt im zweiten Kreislauf (70) angeordnet sind.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch einen im zweiten Kreislauf (70) nach dem zweiten Wärmetauscher (74) und vor der zweiten Wärmekraftmaschine (71) angeordneten, mit dem Abgasstrang (82) des Verbrennungsmotors (81) verbundenen dritten Wärmetauscher (76), über den Abwärme des Abgasstrangs (82) in den zweiten Kreislauf (70) eingekoppelt wird, so dass mit der Wärmekraftmaschine (71) zusätzlich Abwärme des Abgasstrangs (82) des Verbrennungsmotors (81) in mechanische Arbeit umgewandelt wird.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch einen im zweiten Kreislauf (70) nach dem zweiten Wärmetauscher (74) und vor der zweiten Wärmekraftmaschine (71) angeordneten, dritten Wärmetauscher (77), über den Wärme aus einem einer weiteren Wärmekraftmaschine (91) umfassenden dritten, über einen vierten Wärmetauscher (92) mit dem Abgasstrang (82) des Verbrennungsmotors (81) verbundenen Kreislauf (90) in den zweiten Kreislauf (70) eingekoppelt wird, wobei der dritte Wärmetauscher (77) das untere Temperaturniveau des dritten Kreislaufs (90), und der vierte Wärmetauscher (92) das obere Temperaturniveau des dritten Kreislaufs (90) darstellt, und mittels der zwischen viertem (92) und drittem Wärmetauscher (77) angeordneten dritten Wärmekraftmaschine (91) Abwärme des Abgasstrangs (82) des Verbrennungsmotors (81) in mechanische Arbeit umgewandelt wird.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass der mit dem Abgasstrang (82) des Verbrennungsmotors (81) verbundene Wärmetauscher (76, 77) nach einem im Abgasstrang (82) angeordneten Abgasturbolader (83) mit dem Abgasstrang (82) verbunden ist.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine als Turbomaschine ausgeführte Wärmekraftmaschine.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine als Stirlingmotor ausgeführte Wärmekraftmaschine.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

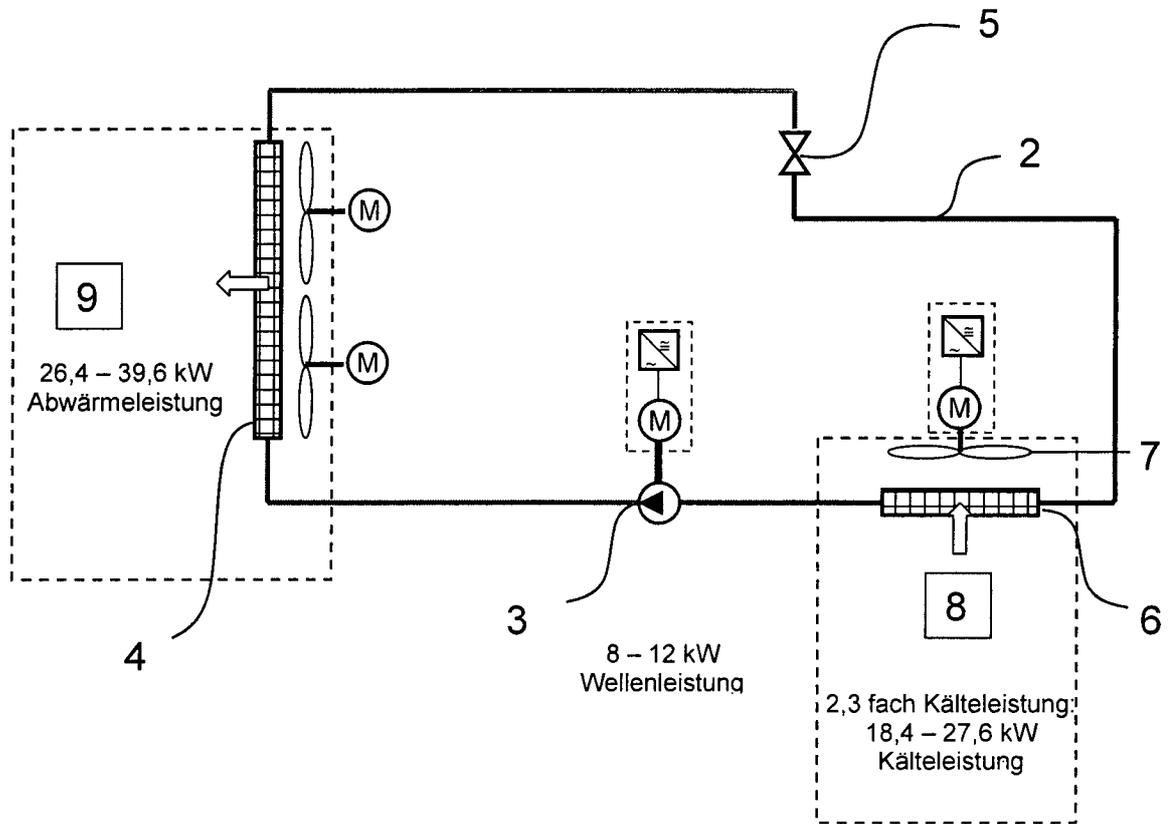


Fig. 2

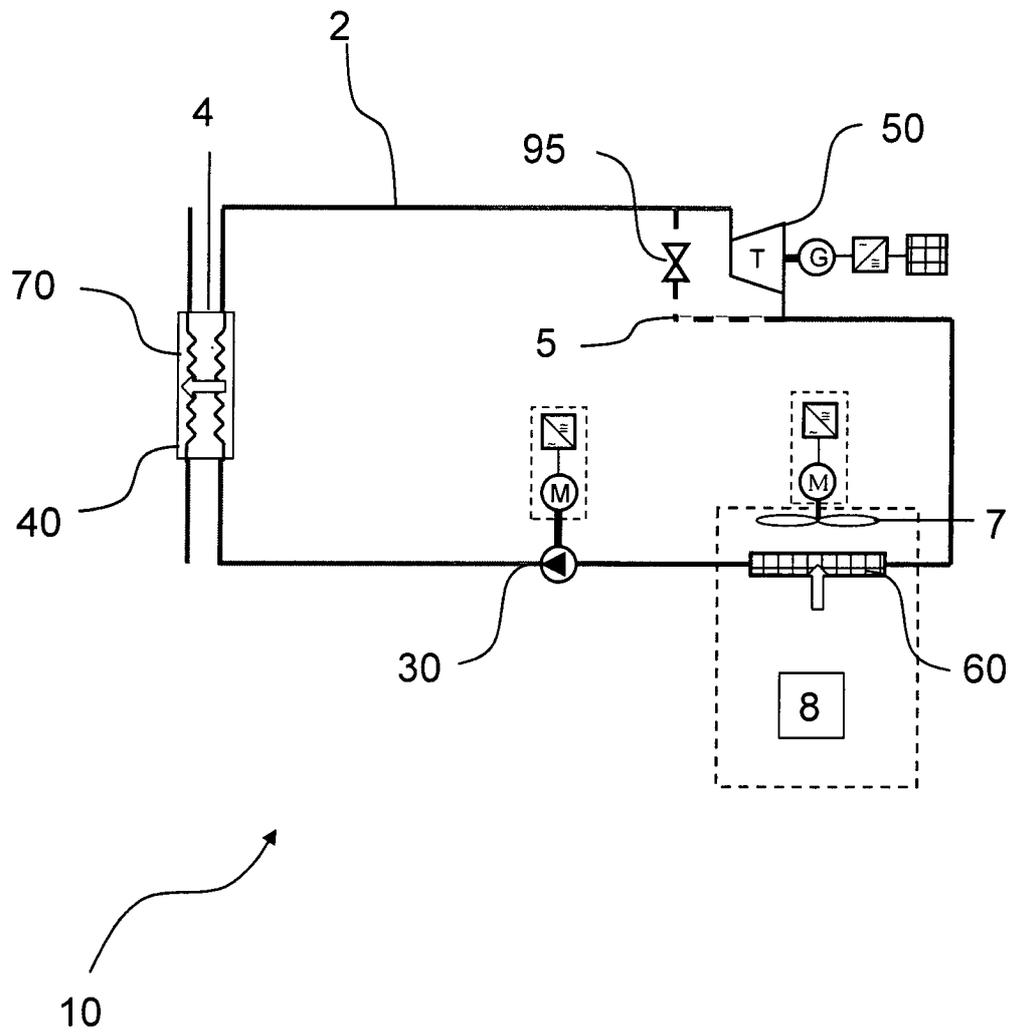


Fig. 3

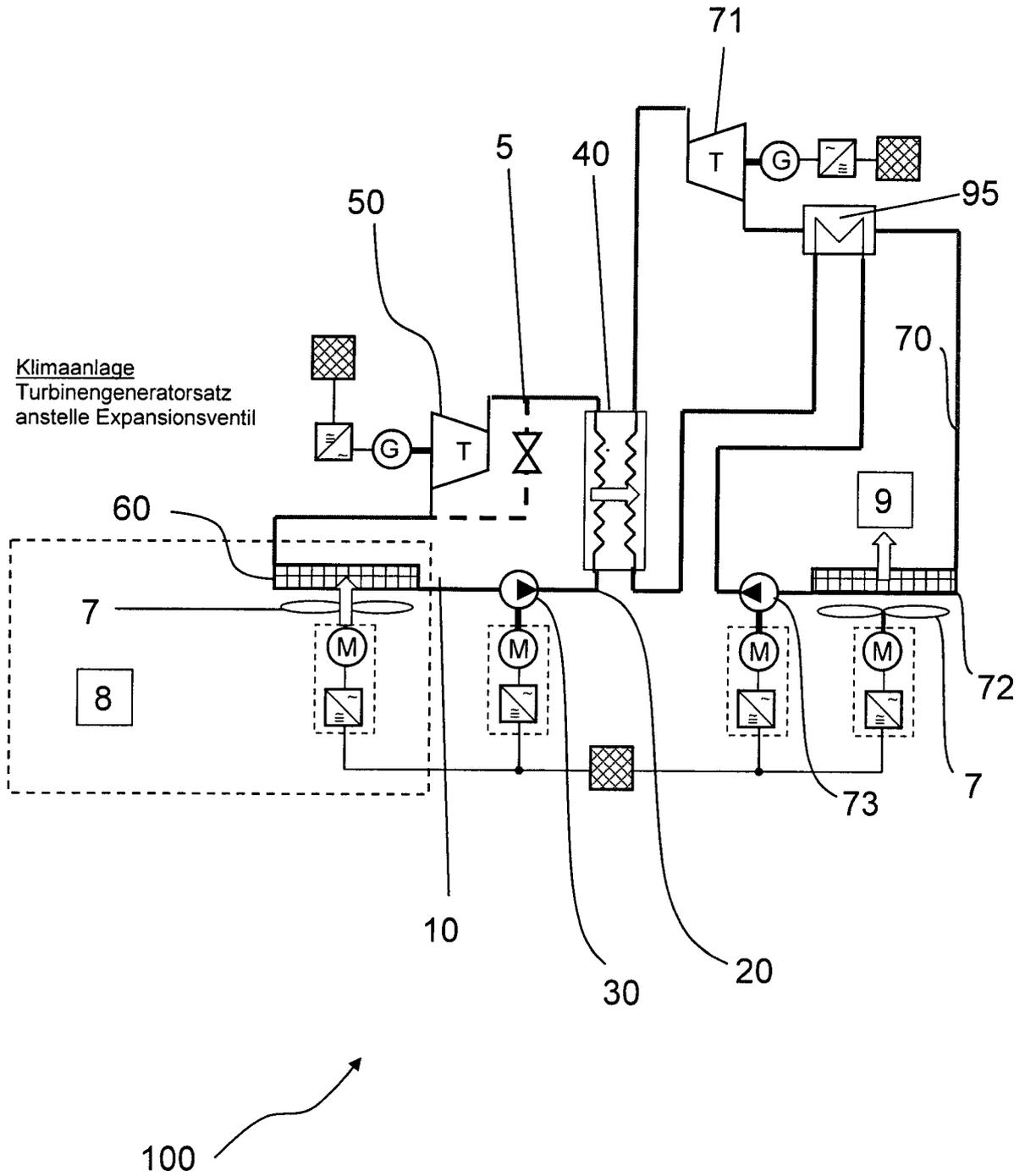


Fig. 4

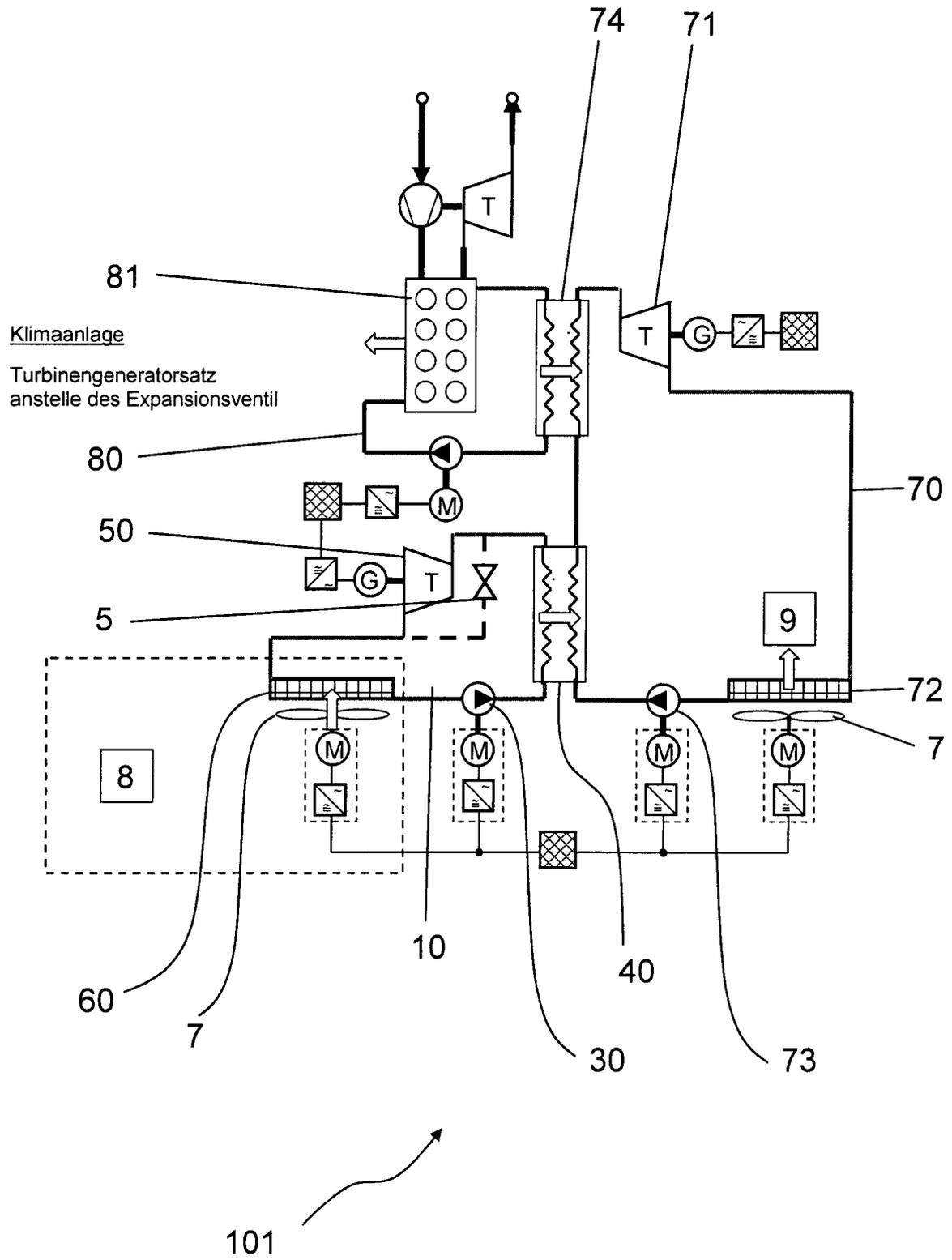


Fig. 5

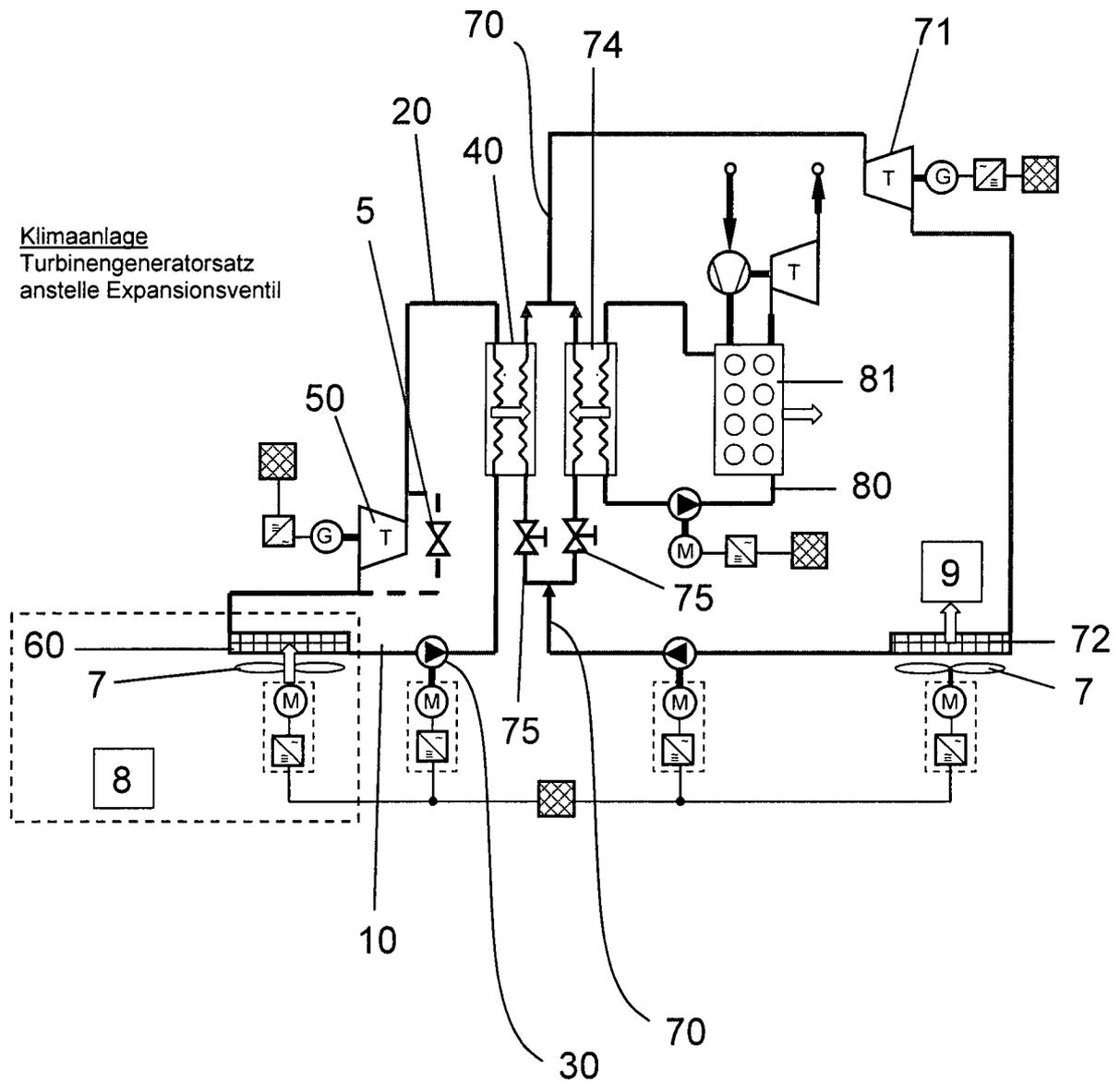


Fig. 7

Motorkühlkreis

Klimaanlage

Turbinengeneratorsatz
oder Expansionsventil

