

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50978/2021  
(22) Anmeldetag: 07.12.2021  
(43) Veröffentlicht am: 15.02.2023

(51) Int. Cl.: **F01P 3/22** (2006.01)  
**B60L 58/26** (2019.01)  
**B60L 58/27** (2019.01)  
**F01P 7/14** (2006.01)  
**F01P 7/16** (2006.01)  
**F25B 5/00** (2006.01)  
**F25B 6/00** (2006.01)  
**F25B 9/00** (2006.01)  
**F25B 27/02** (2006.01)  
**F25B 29/00** (2006.01)  
**F25B 39/00** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
DE 102017223128 B3  
JP 5522275 B2  
DE 112018001381 T5

(71) Patentanmelder:  
AVL LIST GMBH  
8020 GRAZ (AT)

(72) Erfinder:  
BLODER Martin  
8261 Sinabelkirchen (AT)  
BRILLINGER Markus Dr.techn.  
8020 Graz (AT)  
RATASICH Martin  
7304 Nebersdorf (AT)  
KOPSCH Peter Dipl.-Ing.  
8054 Graz (AT)  
BADER Michael Assoc. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Techn.  
8010 Graz (AT)

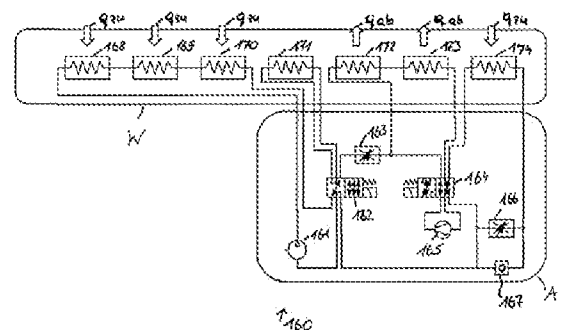
(74) Vertreter:  
BABELUK Michael Dipl.Ing. Mag.  
1080 Wien (AT)

(54) **VERFAHREN ZUR TEMPERIERUNG ZUMINDEST ZWEIER BAUTEILANORDNUNGEN**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Temperierung zumindest zweier Bauteilanordnungen insbesondere eines Fahrzeugs auf unterschiedliche Temperaturniveaus mit einem in zumindest einem Kreisprozess betriebenen Betriebsmedium, in welchem - insbesondere nacheinander - zumindest eine erste Wärmetauscheranordnung und zumindest eine zweite Wärmetauscheranordnung von dem unter Druck stehenden Betriebsmedium durchströmt werden, wobei eine erste Bauteilanordnung durch die erste Wärmetauscheranordnung und zumindest eine zweite Bauteilanordnung durch die zweite Wärmetauscheranordnung temperiert werden, und wobei für das Betriebsmedium eine Dampfdruckkurve in Abhängigkeit der Temperatur des Kühlmittels definiert ist, dadurch gekennzeichnet, dass

a. das Betriebsmedium auf ein erstes Druckniveau gebracht wird - vorzugsweise verdichtet wird - welches dem Dampfdruck beim Temperaturniveau der ersten Bauteilanordnung entspricht, und der ersten Wärmetauscheranordnung zugeführt wird, sodass die erste Bauteilanordnung bei siedendem Betriebsmedium gekühlt oder geheizt wird,

b. das Betriebsmedium - vorzugsweise stromabwärts der ersten Wärmetauscheranordnung - auf zumindest ein zweites Druckniveau gebracht wird - vorzugsweise entspannt wird - welches dem Dampfdruck beim Temperaturniveau der zumindest einen zweiten Bauteilanordnung entspricht, und der zumindest einen zweiten Wärmetauscheranordnung zugeführt wird, sodass die zumindest eine zweite Bauteilanordnung bei siedendem Betriebsmedium gekühlt oder geheizt wird.



*ZUSAMMENFASSUNG*

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Temperierung zumindest zweier Bauteilanordnungen insbesondere eines Fahrzeugs auf unterschiedliche Temperaturniveaus mit einem in zumindest einem Kreisprozess betriebenen Betriebsmedium, in welchem - insbesondere nacheinander - zumindest eine erste Wärmetauscheranordnung und zumindest eine zweite Wärmetauscheranordnung von dem unter Druck stehenden Betriebsmedium durchströmt werden, wobei eine erste Bauteilanordnung durch die erste Wärmetauscheranordnung und zumindest eine zweite Bauteilanordnung durch die zweite Wärmetauscheranordnung temperiert werden, und wobei für das Betriebsmedium eine Dampfdruckkurve in Abhängigkeit der Temperatur des Kühlmittels definiert ist, dadurch gekennzeichnet, dass

- a. das Betriebsmedium auf ein erstes Druckniveau gebracht wird - vorzugsweise verdichtet wird - welches dem Dampfdruck beim Temperaturniveau der ersten Bauteilanordnung entspricht, und der ersten Wärmetauscheranordnung zugeführt wird, sodass die erste Bauteilanordnung bei siedendem Betriebsmedium gekühlt oder geheizt wird,
- b. das Betriebsmedium - vorzugsweise stromabwärts der ersten Wärmetauscheranordnung - auf zumindest ein zweites Druckniveau gebracht wird - vorzugsweise entspannt wird - welches dem Dampfdruck beim Temperaturniveau der zumindest einen zweiten Bauteilanordnung entspricht, und der zumindest einen zweiten Wärmetauscheranordnung zugeführt wird, sodass die zumindest eine zweite Bauteilanordnung bei siedendem Betriebsmedium gekühlt oder geheizt wird.

Fig. 28

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Temperierung zumindest zweier Bauteilanordnungen insbesondere eines Fahrzeugs auf unterschiedliche Temperaturniveaus mit einem in zumindest einem Kreisprozess betriebenen Betriebsmedium, in welchem – vorzugsweise nacheinander – zumindest eine erste Wärmetauscheranordnung und eine zweite Wärmetauscheranordnung von dem unter Druck stehenden Betriebsmedium durchströmt werden, wobei eine erste Bauteilanordnung durch die erste Wärmetauscheranordnung und eine zweite Bauteilanordnung durch die zweite Wärmetauscheranordnung temperiert werden.

In verschiedenen Situationen und Vorrichtungen, besonders aber bei Fahrzeugen, müssen oft verschiedene Bauteilanordnungen auf bestimmte Temperaturen oder Temperaturbereiche temperiert werden. Beispielsweise wird bei Elektroautos die Batterie optimaler Weise bei einer Temperatur von etwa 20°C bis 40°C betrieben, während das Getriebe optimal zwischen etwa 60°C bis 120°C betrieben wird. Abhängig vom Betriebszustand und den Umgebungsbedingungen kann es auch notwendig sein, bestimmte Bauteilanordnungen zu beheizen oder zu kühlen. So kann es sinnvoll sein die Batterie nach längerem Stillstand des Fahrzeugs in einer kalten Umgebung auf eine Betriebstemperatur zu heizen. Um diesen unterschiedlichen Anforderungen gerecht zu werden, können unterschiedliche Temperierkreise vorgesehen sein. Dies ist aber technisch aufwändig und verbraucht viel Platz im Fahrzeug.

In der US 2019338693 A1 wird ein Kühlsystem beschrieben, bei dem ein Kühlmedium auf ein Druckniveau gebracht wird und dann seriell durch zwei verschiedene Bauteilanordnungen geführt wird. Dies hat den Nachteil, dass die genaue Temperatureinstellung der Bauteilanordnungen unabhängig voneinander nicht möglich ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es die Kühlung von mehreren Bauteilanordnungen zu verbessern.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das Betriebsmedium auf ein erstes Druckniveau gebracht wird - vorzugsweise verdichtet wird - und der ersten Wärmetauscheranordnung zugeführt wird, sodass die erste Bauteilanordnung bei siedendem oder kondensierendem Betriebsmedium gekühlt

oder geheizt wird, wobei das Betriebsmedium das Nassdampfgebiet im Wesentlichen nicht verlässt, und dass das Betriebsmedium - vorzugsweise stromabwärts der ersten Wärmetauscheranordnung - auf zumindest ein zweites Druckniveau gebracht wird - vorzugsweise entspannt wird - und der zweiten Wärmetauscheranordnung zugeführt wird, sodass die zweite Bauteilanordnung bei siedendem oder kondensierendem Betriebsmedium gekühlt oder geheizt wird, wobei das Betriebsmedium das Nassdampfgebiet im Wesentlichen nicht verlässt.

Dadurch kann die Temperierung mehrere Bauteilanordnungen energetisch optimiert werden, in dem die in den Wärmetauschern ausgetauschte Wärmeenergie je nach Bedarf nahezu beliebig auf verschiedenen Temperaturniveaus zwischen den Bauteilanordnungen zur Beheizung oder Kühlung der Komponenten verschoben werden kann. Durch die unterschiedlichen Druckniveaus wird die Siedetemperatur des Betriebsmediums verschoben, womit für jede Bauteilanordnung einzeln die ideale Temperatur eingestellt werden kann.

Es ist besonders sinnvoll, wenn das zweite Druckniveau niedriger ist als das erste. So ist nur anfangs eine Verdichtung des Betriebsmediums notwendig. Dies eröffnet eine besonders einfache und trotzdem effiziente Temperierung auf unterschiedliche Temperaturniveaus. Das erste Bauteil sollte jenes sein, das auf die höchste Temperatur eingestellt werden soll, da die Siedetemperatur des Betriebsmediums auf dem niedrigeren zweitem Druckniveau natürlich niedriger ist.

Durch die Wärmeübertragung im Nassdampfbereich wird sichergestellt, dass die aufgenommene oder abgegebene Wärme durch einen Phasenübergang des Betriebsmediums erfolgt. Dadurch wird der Wärmeübergang verbessert, sodass eine besonders große Wärmemenge übertragen werden kann. Durch das Sieden des Betriebsmediums und die dadurch entstehenden Gasblasen werden Turbulenzen im Betriebsmedium führenden Kanal erzeugt, was dieses durchmischt. Dies führt zu einer effizienteren Temperierung und Verkleinerung der Wärmetauscherfläche der Bauteilanordnung.

Unter Bauteilanordnung werden dabei ein oder mehrere Bauteile oder Bereiche des Fahrzeugs verstanden, welche auf eine bestimmte Temperatur oder in einen bestimmte Temperaturbereich gebracht werden sollen, also beispielsweise ein Verbrennungsmotor, ein Getriebe, oder der Fahrzeuginnenraum. Vorzugsweise weist die erste und/oder die zweite Wärmetauscheranordnung zumindest einen

Wärmetauscher auf, welcher mit zumindest einer Bauteilanordnung im Wärmeaustausch steht und diese Bauteilanordnung temperiert. Dabei können Wärmetauscheranordnungen auch mit mehreren Bauteilanordnungen gleichzeitig im Wärmeaustausch stehen, wobei ein Wärmetauscher der Wärmetauscheranordnung einem oder mehreren Bauteilanordnungen zugeordnet sein kann.

Mit Kreisprozess ist ein im Wesentlichen geschlossener Kreislauf des Betriebsmittels gemeint, in dem das Betriebsmittel während des Verfahrens im Kreis geführt wird. Dabei kann dieser Kreisprozess auch mehrere teils parallele Äste aufweisen. Der Kreisprozess umfasst zumindest eine druckerhöhende Einheit zur Erhöhung des Drucks des Betriebsmediums an einem Punkt des Kreisprozesses, beispielsweise einen Kompressor. Bei Strömungsangaben wie stromaufwärts oder stromabwärts wird eine bestimmte druckerhöhende Einheit als Start- und Endpunkt definiert.

Als Betriebsmedium werden vorzugsweise gängige Kühlmedien wie teilfluorierte Kohlenwasserstoffe, Propan, Butan oder Kohlendioxid verwendet. Es ist auch denkbar, dass speziell für die direkte Zweiphasenkühlung von Elektronikkomponenten entwickelte Flüssigkeiten wie z.B. Fluoroketone zum Einsatz kommen. Bei einer Absenkung des niedrigsten Druckniveaus auf unter 1 bar (Umgebungsdruck) wäre auch die Verwendung einer Wasser-Glykol Mischung denkbar.

Wärmetauscheranordnungen können wie bereits erwähnt einen oder mehrere Wärmetauscher aufweisen, welche einem direkten oder einen indirekten Wärmeaustausch zwischen dem Betriebsmedium und der Bauteilanordnung ermöglichen. Dabei kann vorgesehen sein, dass die Reihenfolge, in der die Wärmetauscher einer Wärmetauscheranordnung durchströmt werden, betriebsmäßig zumindest teilweise frei wählbar ist.

Mit Nassdampfgebiet ist dabei jenes Temperatur-Wärmegebiet des Betriebsmediums gemeint, bei dem das Betriebsmedium im Gleichgewicht sowohl in flüssiger als auch in gasförmiger Phase vorliegt. Es ist mit anderen Worten also der Bereich zwischen Siede- und Taulinie im Druck-Enthalpiediagramm gemeint. Im Nassdampfgebiet ändert sich bei Zufuhr oder Abfuhr von Wärmeenergie die Temperatur nicht, sondern es verdampft oder kondensiert Betriebsmedium und nimmt so die Wärme auf oder gibt sie ab.

Es ist günstig, wenn das Betriebsmedium zumindest eine weitere Wärmetauscheranordnung durchströmt wobei zumindest eine weitere Bauteilanordnung durch die weitere Wärmetauscheranordnung temperiert wird, wobei das Betriebsmedium das Nassdampfgebiet im Wesentlichen nicht verlässt und dass vorzugsweise das Betriebsmedium – besonders vorzugsweise stromabwärts der zweiten Wärmetauscheranordnung - auf zumindest ein weiteres Druckniveau gebracht wird - vorzugsweise entspannt wird –und der weiteren Wärmetauscheranordnung zugeführt wird, sodass die weitere Bauteilanordnung bei siedendem oder kondensierendem Betriebsmedium gekühlt oder geheizt wird. Mit anderen Worten können also drei oder mehr Druckniveaus vorgesehen sein, auf die, vorzugsweise seriell nacheinander, das Betriebsmedium gebracht wird und auf diesen Druckniveaus wie beschrieben jeweils zumindest eine Bauteilanordnung gekühlt oder beheizt werden.

Es ist vorteilhaft, wenn das Betriebsmedium zumindest einmal während des Kreisprozesses durch zumindest eine Kühlvorrichtung strömt und Wärme abgibt. Dadurch kann die aufgenommene Wärme aus dem Kreisprozess entfernt werden. Dies ist insbesondere vorteilhaft, wenn in Summe eine größere Kühlleistung erbracht werden soll als Heizleistung. Die Kühlvorrichtung dient dabei nicht der Kühlung oder Heizung einer Bauteilanordnung, sondern der Wärmeabfuhr. Beispielsweise kann sie einen Wärmetauscher mit in einem Luftstrom angeordneten Kühlrippen aufweisen, durch die Kühlluft geführt wird, die anschließend aus dem Fahrzeug in die Umgebung geleitet wird.

Vorzugsweise ist vorgesehen, dass die erste und die zweite Bauteilanordnung gekühlt werden. Es werden also beide Druckniveaus derart eingestellt, dass das Betriebsmedium verdampft, also siedet und so Wärmeenergie über den Wärmetauscher von den ersten und zweiten Bauteilanordnungen aufnimmt.

Es ist auch günstig, wenn durch die zumindest eine Kühlvorrichtung zumindest eine Bauteilanordnung – vorzugsweise eine Batterie oder ein Fahrzeuginnenraum – mit Betriebsmedium geheizt wird, also das Betriebsmedium während der Passage durch den entsprechenden Wärmetauscher kondensiert und dabei Wärme an diese Bauteilanordnung abgibt. Dadurch kann eine besonders temperaturtreue und effiziente Heizung erreicht werden, da bei kondensierendem Betriebsmedium zwar

Wärme abgegeben wird, jedoch über den gesamten Nassdampfbereich die Temperatur konstant bleibt.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die erste Wärmetauscheranordnung, die zweite Wärmetauscheranordnung und zumindest eine weitere Wärmetauscheranordnung seriell entlang eines Kreisprozesses des Betriebsmediums vom Betriebsmedium durchströmt werden und dass die Reihenfolge der Wärmetauscheranordnungen des Kreisprozesses zumindest teilweise betriebsmäßig frei wählbar ist. Dies ist besonders vorteilhaft, wenn bei unterschiedlichen Zuständen des Fahrzeugs manche Bauteile stärker oder schwächer gekühlt oder geheizt werden müssen, oder sogar in einem Zustand geheizt und in einem anderen gekühlt werden müssen. Während des Winterbetriebes ist beispielsweise eine Beheizung des Kabinenraums gewünscht, während im Sommerbetrieb eine Kühlung desselben vorteilhaft ist. Durch die modulare Anordenbarkeit kann auf unterschiedliche Situationen gezielt und bestmöglich reagiert werden. Dies erlaubt ein besonders flexibles Temperieren aller Bauteilanordnungen. Die Wählbarkeit kann beispielsweise durch Mehrwegeventile erreicht werden.

Es kann auch vorgesehen sein, dass die erste Wärmetauscheranordnung und die zweite Wärmetauscheranordnung seriell entlang eines Kreisprozesses des Betriebsmediums vom Betriebsmedium durchflossen werden und dass zumindest eine weitere Wärmetauscheranordnung parallel zu der ersten Wärmetauscheranordnung und/oder der zweiten Wärmetauscheranordnung durchströmt wird und dass vorzugsweise die Reihenfolge dieser Wärmetauscheranordnungen zumindest teilweise betriebsmäßig frei wählbar ist. So können einzelne Anteile des Betriebsmediums auf unterschiedliche Druckniveaus und dazu zur Einstellung unterschiedlicher Temperaturen verwendet werden. Insbesondere wenn die Kühl-/Heizleistung bei manchen Bauteilanordnungen wesentlich geringer ist als bei anderen, kann dies sinnvoll sein.

Wenn die Reihenfolge sämtlicher Wärmetauscher frei wählbar ist, so kann dies bei einer größeren Anzahl verschiedener zu temperierender Bauteilanordnungen zu einem sehr komplexen Führungssystem für das Betriebsmedium führen. Um die Komplexität daher zu senken kann vorgesehen sein, dass die erste Wärmetauscheranordnung und/oder die zweite Wärmetauscheranordnung und/oder

zumindest eine weitere Wärmetauscheranordnung mehrere Wärmetauscher umfassen, welche vorzugsweise unterschiedliche Bauteilanordnungen temperieren, und dass die Wärmetauscher einer Wärmetauscheranordnung seriell entlang des Kreisprozesses vom Betriebsmedium durchflossen werden und dass die Reihenfolge der Wärmetauscher einer Wärmetauscheranordnung nicht betriebsmäßig änderbar ist. Denn bei manchen Bauteilanordnungen ist es vorteilhaft, diese auf das gleiche Temperaturniveau zu bringen, beispielsweise ein Getriebe und eine Verbrennungskraftmaschine. So wird die Anpassbarkeit an verschiedene Bedingungen nicht wesentlich beschränkt, aber trotzdem eine einfachere Ausführung gewährleistet.

Dabei kann vorgesehen sein, dass zumindest die erste Wärmetauscheranordnung und die zweite Wärmetauscheranordnung von einem Steuerblock mit Betriebsmedium versorgt werden und dass die Reihenfolge dieser Wärmetauscheranordnungen zumindest teilweise betriebsmäßig über den Steuerblock frei wählbar ist. Dabei kann vorgesehen sein, dass der Steuerblock als zentraler Steuerblock ausgeführt ist, welcher Ventile und vorzugsweise auch zumindest eine Pumpe umfasst und dass zumindest der erste und zweite Wärmetauscheranordnung mit dem Steuerblock verbunden sind. Mit zentral ist dabei gemeint, dass der Steuerblock vorzugsweise als räumlich abgegrenzte Einheit ausgeführt ist, welche besonders vorzugsweise eine Hülle zur Aufnahme der Ventile und eventuell auch Pumpeinrichtung wie einen Kompressor oder eine Pumpe aufweist. So kann die Steuerungseinheit zentral an einem Ort die Versorgung sämtlicher Wärmetauscher und Wärmetauscheranordnungen übernehmen, welche an anderen Orten angeordnet und vielleicht weiter voneinander entfernt sind.

Die Ventile des Steuerblocks können dabei zur unterschiedlichen Schaltung der Wärmetauscheranordnungen und/oder der Wärmetauscher der einzelnen Wärmetauscheranordnungen dienen. Die Pumpe kann das Betriebsmedium in eine Richtung befördern und dieses komprimieren. Dabei kann der Steuerblock auch zumindest eine Drossel zur zumindest teilweisen Entspannung des Betriebsmediums umfassen, welche zwischen Wärmetauschern und/oder Wärmetauscheranordnungen zumindest teilweise betriebsmäßig schaltbar ist.

Weiters kann vorgesehen sein, dass das Betriebsmedium bei dem Bringen auf das erste Druckniveau in einen Bereich außerhalb des Nassdampfgebietes gebracht wird

und dass das Betriebsmedium vor dem Zuführen zu der ersten Wärmetauscheranordnung wieder in das Nassdampfgebiet rückgeführt wird. So muss keine Volumensänderungsarbeit verrichtet werden, was den Druckerhöhungsvorgang energetisch vorteilhafter gestaltet

Besonders vorteilhaft ist, wenn die Rückführung in das Nassdampfgebiet zumindest teilweise durch Zumischung mit Betriebsmedium aus einem anderen Teil des Kreisprozesses erfolgt. Wenn dieses Betriebsmedium eine geringe potenzielle Energie aufweist, wird durch die Durchmischung das Betriebsmedium automatisch in Richtung des Nassdampfgebiets rückgeführt. So können die unterschiedlichen Energieniveaus des Betriebsmediums optimal ausgenutzt werden.

Dabei kann vorgesehen sein, dass das zugemischte Betriebsmedium vor dem Mischen im Wesentlichen auf das erste Druckniveau gebracht wird.

In weiterer Folge wird die Erfindung anhand nicht einschränkender Ausführungsbeispiele in den Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen ersten Kreisprozess im T-s-Diagramm;

Fig. 2 den ersten Kreisprozess im Schema;

Fig. 3 einen zweiten Kreisprozess im T-s-Diagramm;

Fig. 4 den zweiten Kreisprozess im Schema;

Fig. 5 einen dritten Kreisprozess im T-s-Diagramm;

Fig. 6 den dritten Kreisprozess im Schema;

Fig. 7 einen vierten Kreisprozess im T-s-Diagramm;

Fig. 8 den vierten Kreisprozess im Schema;

Fig. 9 ein allgemeines Schema mehrerer möglicher Prozessführungen;

Fig. 10 ein Kreisprozess nach einer ersten möglichen Prozessführung nach Fig. 9;

Fig. 11 ein Schema gemäß Fig. 9;

Fig. 12 ein Schema gemäß Fig. 9;

Fig. 13 ein Schema gemäß Fig. 9;

Fig. 14 eine erste Anordnung in einem Sommerbetrieb im Schema;

Fig. 15 die Anordnung in einem Winterwarmlaufbetrieb im Schema;

Fig. 16 die Anordnung in einem Wintermischbetrieb im Schema;

Fig. 17 eine zweite Anordnung in einem Sommerbetrieb im Schema;

Fig. 18 die zweite Anordnung in einem Winterwarmlaufbetrieb im Schema;

Fig. 19 die zweite Anordnung in einem Wintermischbetrieb im Schema;

Fig. 20 eine dritte Anordnung im Schema;

Fig. 21 den Kreisprozess der dritten Anordnung im T-s-Diagramm;

Fig. 22 eine vierte Anordnung im Schema;

Fig. 23 den Kreisprozess der vierten Anordnung im T-s-Diagramm;

Fig. 24 eine fünfte Anordnung im Schema in einem Winterbetrieb;

Fig. 25 den Kreisprozess der fünften Anordnung im Winterbetrieb im T-s-Diagramm;

Fig. 26 die fünfte Anordnung im Schema in einem Sommerbetrieb;

Fig. 27 den Kreisprozess der fünften Anordnung im Sommerbetrieb im T-s-Diagramm;

Fig. 28 eine sechste Anordnung im Schema in einem Winterbetrieb;

Fig. 29 den Kreisprozess der sechsten Anordnung im Winterbetrieb im T-s-Diagramm;

Fig. 30 die sechste Anordnung im Schema in einem Sommerbetrieb; und

Fig. 31 den Kreisprozess der sechsten Anordnung im Sommerbetrieb im T-s-Diagramm.

In Fig. 1 ist ein T-s-Diagramm gezeigt, in dem ein Zustandsverlauf eines Betriebsmediums M dargestellt ist, das einen ersten Kreisprozess K1 durchläuft. Dabei ist zu erkennen, dass die Zustandsänderungen des Kreisprozesse K1 innerhalb der Dampfdruckkurve im Nassdampfgebiet ausgeführt werden. Die Dampfdruckkurve ist hier mit Bezugszeichen D versehen.

Bei Vergleich der Fig. 1 und 2 kann der Kreisprozess K1 im Detail erläutert werden. Im Schema in Fig. 2 ist eine erste Anordnung 10 zur Ausführung des ersten Kreisprozesses K1 gezeigt. Ein Verdichter, Kompressor oder eine Pumpe 11 ist stromaufwärts eines Wärmetauschers 12 angeordnet, der Wärme abgibt, was hier in weiterer Folge immer mit  $q_{ab}$  bezeichnet wird. Ein zweiter Wärmetauscher 13, ein dritter Wärmetauscher 15 und ein vierter Wärmetauscher 17 sind nacheinander durchströmbar angeordnet. Über diese Wärmetauscher 12, 13, 15, 17 wird dem Betriebsmedium M jeweils Wärme  $q_{zu}$  zugeführt. Zwischen zweitem und drittem Wärmetauscher 13, 15 ist eine steuerbare Drossel 14 angeordnet und zwischen drittem und viertem Wärmetauscher 15, 17 ist eine steuerbare Drossel 16 angeordnet. Der erste und zweite Wärmetauscher 12, 13 sind einer ersten Wärmetauscheranordnung zugeordnet, der dritte Wärmetauscher 15 ist Teil einer zweiten Wärmetauscheranordnung und der vierte Wärmetauscher 17 ist Teil einer weiteren Wärmetauscheranordnung. Der Kreisprozess weist des weiteren noch einen Volumen-Ausgleichsbehälter zur Ausgleich von Volumenschwankungen auf. Dieser ist in der Fig. 2 und auch den weiteren Ausführungsformen nicht dargestellt.

Das Betriebsmedium M wird zwischen Zustand 0 und Zustand 1 von dem Verdichter 11 auf ein höheres Druck- und Temperaturniveau gebracht, wobei sich der Zustand des Betriebsmediums M noch innerhalb der Taulinie befindet. Jedoch ist der Großteil des Betriebsmediums verdampft. Durch den ersten Wärmetauscher 12 wird das Betriebsmedium M gekühlt und eine erste Bauteilanordnung geheizt bis zum Zustand 2, wobei ein Großteil des Betriebsmediums kondensiert. Alternativ kann

die Wärme  $q_{ab}$  an die Umgebung abgegeben werden, diesem Fall wäre der erste Wärmetauscher 12 durch eine Kühlvorrichtung zu ersetzen. Es können auch die anderen Wärmetauscher 13, 15, 17 durch eine Kühlvorrichtung ersetzt werden. Mit dem zweiten Wärmetauscher 13 wird das Betriebsmedium M wieder teilweise verdampft, bis zu einem Zustand 3 und mithilfe einer Drossel 14 gedrosselt bis zu einem Zustand 4. Dabei sinkt das Temperaturniveau und eine zweite Bauteilanordnung wird mit geringerer Temperatur des Betriebsmediums M durch Verdampfung gekühlt. Die zweite Bauteilanordnung wird dazu durch Abgabe des Wärmestroms  $q_{zu}$  auf das Betriebsmedium M von der Bauteilanordnung gekühlt. Zwischen 5 und 6 wird das Betriebsmedium M abermals durch eine Drossel 16 gedrosselt und wiederum auf ein niedrigeres Temperaturniveau gebracht, dabei ist das Temperaturniveau über den Druck einstellbar. Zwischen Punkt 6 und 0 wird wiederum in dem vierten Wärmetauscher 17, um den Ursprungszustand zu erreichen eine weitere Bauteilanordnung gekühlt.

Die in weiterer Folge beschriebenen Ausführungsformen sind der ersten sehr ähnlich, daher wird hier nur auf die wichtigsten Unterschiede eingegangen. Gleichwirkende Elemente werden mit gleichem Namen versehen.

In den Fig. 3 und 4 ist ein zweiter Kreisprozess K2 mit seiner Anordnung 20 für das Betriebsmedium M dargestellt. Zwischen den Punkten 0 und 1 wird, wie auch im ersten Kreisprozess K1 mit einer Pumpe 21 verdichtet. Das Betriebsmedium M wird anschließend zur siedenden Kühlung einer ersten Bauteilanordnung über einen ersten Wärmetauscher 22 verwendet und das Betriebsmedium M innerhalb der Dampfdruckkurve im Nassdampfgebiet aufgeheizt, also dessen Wärmemenge erhöht. Zwischen 2 und 3 wird eine zweite Bauteilanordnung über einen zweiten Wärmetauscher 23 siedend geheizt und das Betriebsmedium M gibt Wärme  $q_{ab}$  an die Bauteilanordnung ab, bis das Betriebsmedium M die Siedelinie erreicht oder im Punkt 3 fast erreicht. Hier kann wieder durch Ersatz des ersten Wärmetauschers 22 mit einer Kühlvorrichtung die Wärme  $q_{ab}$  an die Umgebung abgegeben werden. Anschließend wird eine Drossel 24 durchströmt, wodurch das der Druck und das Temperaturniveau sinkt und die nachfolgende Bauteilanordnung durch einen weiteren Wärmetauscher 25 einer weiteren Wärmetauscheranordnung bei entsprechend niedrigerer Temperatur gekühlt wird. Nach Durchströmen der Drossel 26 ist das Temperaturniveau wiederum entsprechend der Druckreduktion abgesenkt, und eine weitere Bauteilanordnung durch einen vierten Wärmetauscher

27, der ebenso einer weiteren Wärmetauscheranordnung zugeordnet ist, kann auf noch niedrigerem Temperaturniveau gekühlt werden.

Die Fig. 5 und 6 zeigen einen dritten Kreisprozess K3 und seine Anordnung 30. Hier wird von 0 zu 1 entlang der Siedelinie S der Dampfdruckkurve D das Betriebsmedium M auf ein höheres Druckniveau gebracht. Aufgrund der Nähe der Drucklinien im Bereich der Dampfdruckkurve liegen diese Punkte im Diagramm direkt nebeneinander. Das Betriebsmedium M wird im ersten Wärmetauscher 32 von Zustandspunkt 1 zu Zustandspunkt 2 geheizt. Zwischen Zustandspunkt 2 und 3 findet eine Drosselung über die Drossel 33 statt, wodurch das Temperaturniveau abfällt. Zwischen 3 und 4 wird im zweiten Wärmetauscher 34 weitere Wärme  $q_{zu}$  zugeführt, bis zwischen 4 und 5 eine weitere Drossel 35 das Betriebsmedium wieder entspannt und die Temperatur absinkt. Anschließend wird das Betriebsmedium M im Wärmetauscher 36 beheizt und zuletzt in Kühlvorrichtung 37 wieder bis Zustandspunkt 0 abgekühlt.

Ein vierter Kreisprozess K4 mit Anordnung 40 ist in Fig. 7 und 8 dargestellt. Zwischen Punkt 0 und 1 findet wie auch in den obigen Kreisprozessen K1 bis K3 die Steigerung des Druckniveaus des Betriebsmediums mit einer Pumpe 41 oder Ähnlichem statt. Es wird Wärme  $q_{zu}$  zugeführt im ersten Wärmetauscher 42, Wärme  $q_{ab}$  abgeführt im zweiten Wärmetauscher 43 und entspannt bei Drossel 44. Die Wärmezufuhr und Wärmeabfuhr, sowie die Drosselung wird noch wiederholt in Wärmetauschern 45 und 48 ( $q_{zu}$ ), Wärmetauscher 46 und 49 ( $q_{ab}$ ) und der Drossel 47. Nach dem Wärmetauscher 49 mit Abkühlung des Betriebsmediums M wird das Betriebsmedium M wiederum der Pumpe 41 zugeführt. Erhitzung und Kühlung des Betriebsmediums und damit das Kühlen und Heizen von Bauteilanordnungen in vorzugsweise Kraftfahrzeugen mit Brennkraftmaschinen oder in batterieelektrischen Fahrzeugen oder in Brennstoffzellenfahrzeugen erfolgt mit siedendem oder kondensierendem Betriebsmedium M.

Für eine praktische Anwendung wird in einem nächsten Beispiel für ein Fahrzeug ein Betriebstemperaturbereich für die jeweiligen Bauteilanordnungen angenommen. In einer Bauteilanordnung, dem eine Batterie zugeordnet wird, werden Betriebstemperaturen zwischen 20°C und 40°C verlangt. Eine Bauteilanordnung, der die Leistungselektronik zugeordnet wird, benötigt zwischen 25°C und 85°C. Die Motorwicklungen können in einem Temperaturbereich zwischen -40°C und 110°C

betrieben werden. Ein Getriebe hat seinen optimalen Betriebsbereich zwischen 60°C und 120°C. Im Innenraum herrschen idealerweise zwischen 15°C und 25°C.

In einem Sommerbetrieb wird nun der Vereinfachung halber eine Umgebungstemperatur von 40°C angenommen und für einen Winterbetrieb eine Umgebungstemperatur von -10°C angenommen. Diese Werte dienen nur der Erläuterung der Funktionsweise des Kreisprozesses anhand der angenommenen Randbedingungen, sie können je nach den Umgebungsbedingungen abweichen. Zur effektiven Wärmeübertragung wird eine notwendige Temperaturdifferenz von zumindest 15°C angenommen. In den Wärmetauschern ergeben sich im Sommer für den Innenraum des Fahrzeugs 10°C, für die Batterie 25°C, die Leistungselektronik 70°C, den Motor 95°C und für das Getriebe 105°C, wobei alle Wärmetauscher zur Kühlung eingesetzt werden, das heißt dem Betriebsmedium M wird Wärme  $q_{zu}$  zugeführt.

Wenn die Wärmetauscher der Kühlung von Komponenten dienen (also unter diesen Bedingungen im Sommer immer) sollte das die maximale Ausgangstemperatur des Kühlmediums sein, wenn der Wärmetauscher gerade zur Beheizung der Komponenten eingesetzt wird (Winter Warmlauf- bzw. Mischbetrieb) sollte das die Eingangstemperatur des Kühlmediums sein. Durch das Stattfinden des Wärmeaustausches im Flüssig/Dampf Mischgebiet sollte sich diese Temperatur während des Durchlaufs durch den Wärmetauscher auch nicht ändern, da eine Wärmezufuhr- oder Abfuhr sich dann nur auf das Verhältnis von Flüssigkeit zu Dampf auswirkt, ohne die Temperatur zu ändern.

In einem Winterwarmlauf haben die Wärmetauscher eine Temperatur von 40°C für den Innenraum, 35°C für die Batterie, 70°C für die Leistungselektronik, -10°C für den Motor und 75°C für das Getriebe. Dabei werden Innenraum, Batterie und Getriebe durch die Wärmetauscher beheizt und dem Betriebsmedium M wird Wärme  $q_{ab}$  entzogen.

Im Wintermischbetrieb wird für den Innenraum eine Temperatur von 40°C für die Beheizung des Innenraums benötigt. Für die Kühlung der Batterie werden 25°C Wärmetauschertemperatur zur Kühlung benötigt, für die Kühlung der Leistungselektronik etwa 70°C, für die Kühlung des Motors 95°C und für die Kühlung des Getriebes 105°C.

Unter der Wärmetauschertemperatur versteht sich hier die mittlere Temperatur des Betriebsmediums M während des Durchfließens des Wärmetauschers.

In Fig. 9 sind beispielhafte Verfahrensführungsmöglichkeiten für die Strömung des Betriebsmediums M durch das Fahrzeug aufgezeigt. Dabei stellt das Schema mit durchgezogenen Pfeilen den Sommerbetrieb mit den obigen Annahmen in einer Anordnung 50 dar. Das dazugehörige T-s-Diagramm mit Zustandsverlauf für das Betriebsmedium findet sich in Fig. 10. Dabei wird das Betriebsmedium M im Sommerbetrieb mit einem Kompressor 51 von einem Zustand 0 zu einem Zustand 1 verdichtet und einer Motorkühlung 52 als erster Wärmetauscher für die Bauteilanordnung zugeführt. Dabei stellt die Motorkühlung 52 und Getriebe 53 die erste Wärmetauscheranordnung dar. Anschließend strömt das Betriebsmedium M zu einem Getriebe 53, das ebenfalls als Wärmetauscher fungiert oder einen solchen aufweist. Die Wärmeübertragung Motor 52 und Getriebe 53 stellt im T-s-Diagramm die Zustandsänderung von 1 zu 2 dar. Stromabwärts des Getriebes 53 wird es einer Kühlvorrichtung 54 zur Wärmeübertragung an die Umgebung zugeführt und das Betriebsmedium M vollführt die Zustandsänderung von 2 bis 3 an der Siedelinie S. Von dort wird es in einer Drossel 55 von 3 zu 4 auf ein niedrigeres Druckniveau entspannt. Nach der Entspannung wird mit dem Betriebsmedium M die Leistungselektronik mit Wärmetauscher 56 gekühlt und der Zustand verändert sich von 4 zu 5. Dabei gehört Wärmetauscher 56 zur zweiten Wärmetauscheranordnung. Von dort wird weiter entspannt über die Zustandsänderung 5 zu 6. Anschließend wird der Innenraum 58 und die Batterie 59 durch das Betriebsmedium M über entsprechende weitere Wärmetauscher gekühlt, wobei das Betriebsmedium M die Zustandsänderung von Zustandspunkt 6 zu Zustandspunkt 0 durchläuft.

Strichpunktiert ist der Kreisprozess im Winterwarmlaufbetrieb gezeigt. Dabei wird das Betriebsmedium M vom Kompressor 51 über das Getriebe 53 zum Innenraum 58 weiter zur Batterie 59, von dort zur Drossel 55 und anschließend über den Wärmetauscher 54 zur Umgebung wieder zurück zum Kompressor 51 geführt.

Strichliert ist der Kreisprozess im Wintermischbetrieb gezeigt. Hier strömt das Betriebsmedium M von dem Kompressor 51 über den Innenraum 58 zur Batterie 59, von dort zur Drossel 55 und über den Wärmetauscher 54 zur Umgebung über

den Wärmetauscher 56 für die Leistungselektronik zum Motor 52 und über das Getriebe 53 wieder zurück zum Kompressor 51.

In den Fig. 11 ist das Schema des Kreisprozesses zur Realisierung des oben beschriebenen Wintermischbetriebs gezeigt. Fig. 12 zeigt das Schema des Kreisprozesses zur Realisierung des Winterwarmlaufbetriebs und Fig. 13 zeigt das Schema zum Sommerbetrieb.

Wie zu erkennen ist, wird durch Vorsehen von mehreren Ventilen eine sehr flexible Betriebsmediumsführung durch das Fahrzeug möglich. Durch Anordnung eines zentralen Pumpen- und Ventilblocks in Form eines zentralen Steuerblocks, der ähnlich einem ABS/ESP-Aggregat aufgebaut sein kann, ist ein niedriger Verrohrungsaufwand und einfache Konstruktion möglich:

Fig. 14 zeigt eine zentrale Arbeits- und Steuerungseinheit A und die damit verbundenen Wärmetauscher W einer Anordnung 60. Die Arbeits- und Steuerungseinheit A weist einen Kompressor 61 auf. Außerdem ist ein erstes 5/3-Wegeventil 62, ein zweites 5/3-Wegeventil 63 und ein drittes 5/3-Wegeventil 64 vorgesehen. Weiters sind zwei Drosseln 66, 68 zwei Rückschlagventile 70, 71 und ein erstes 5/2-Wegeventil 72, ein zweites 5/2-Wegeventil 73 und ein drittes 5/2-Wegeventil 74 vorgesehen. Als Mengenteiler werden die Bauteile mit Bezugszeichen 65, 67 und 69 bezeichnet. Sie können die Durchflussmenge durch verschiedene Bereiche unabhängig voneinander einstellen, bzw. um jeweils einen Teilstrom des Betriebsmediums M an den Ventilen 62, 63 und 64 vorbeizuführen.

Die Wärmetauscher W gliedern sich auf in ein Getriebe 75, einen Motor 76, einen Wärmetauscher 77 zur Umgebung, einen Wärmetauscher 78 für eine Leistungselektronik, einen Wärmetauscher 79 zur Klimatisierung eines Innenraums und einen Wärmetauscher 80 zu einer Batterie.

In Fig. 14 ist die mögliche Führung des Betriebsmediums M durch die Anordnung 60 in einem Sommerbetrieb gezeigt.

Über den Kompressor 61 wird das Betriebsmedium M verdichtet. Das Betriebsmedium M strömt über das erste 5/3-Wegeventil 62 in einer zweiten Stellung zu einem ersten 5/2-Wegeventil 72 in einer zweiten Stellung und weiter zu einem Motor 76. Von dort strömt das Betriebsmedium M wieder zurück zu dem

ersten 5/2-Wegeventil 72 und zum Getriebe 75. Der Motor 76 wird über das Betriebsmedium M gekühlt und dem Betriebsmedium M wird dazu Wärme  $q_{zu}$  zugeführt. Das Getriebe 75 wird ebenfalls gekühlt und dem Betriebsmedium M dessen Wärme  $q_{zu}$  zugeführt.

Das Betriebsmedium M strömt wiederum über das erste 5/3-Wegeventil 62 zurück und weiter zu dem Wärmetauscher 77 zur Umgebung, an dem das Betriebsmedium Wärme  $q_{ab}$  an die Umgebung abgibt. Von dort strömt das Betriebsmedium M über das Rückschlagventil 70 zu der Drossel 66 und von dort zu dem zweiten 5/3-Wegeventil 63 in der zweiten Stellung zu dem Wärmetauscher 78, an dem das Betriebsmedium M wiederum Wärme  $q_{zu}$  aufnimmt und dadurch die Leistungselektronik gekühlt wird.

Über das zweite 5/3-Wegeventil 63 und die Drossel 68 strömt das Betriebsmedium M zum dritten 5/3-Wegeventil 64 in der zweiten Stellung und weiter über das dritte 5/2-Wegeventil 74 in einer ersten Stellung. Dann strömt es zu dem Wärmetauscher 79 zur Klimatisierung des Innenraumes und abschließend über das 5/2-Wegeventil 74 zum Wärmetauscher 80 für die Batterie. Innenraum und Batterie werden wiederum gekühlt. Von der Batterie strömt das Betriebsmedium M wieder zurück zu dem Kompressor 61.

Fig. 15 zeigt die gleiche Anordnung wie Fig. 14, allerdings in einem Winterwarmlaufbetrieb im Schema. Dabei werden das Getriebe 75, der Innenraum und die Batterie mit der Wärme  $q_{ab}$  vom Betriebsmedium M geheizt. Das Betriebsmedium M strömt vom Kompressor 61 zum ersten 5/3-Wegeventil 62 in einer ersten Stellung zum ersten 5/2-Wegeventil 72 in einer ersten Stellung zum Getriebe 75. Von dort strömt das Betriebsmedium M zum ersten 5/3-Wegeventil 62 in der ersten Stellung zur Drossel 66 und weiter zum zweiten 5/3-Wegeventil in dritter Stellung zum zweiten 5/2-Wegeventil 73 in zweiter Stellung und von dort zum Wärmetauscher 79 zum Innenraum und heizt diesen auf. Nach Passieren des dritten 5/2-Wegeventil 74 in der zweiten Stellung strömt das Betriebsmedium M zum Wärmetauscher 80 zur Batterie, um diese zu heizen. Über das Rückschlagventil 71, die Drossel 68 und das dritte 5/3-Wegeventil 64 in dritter Stellung strömt das Betriebsmedium M zum Wärmetauscher 77 zur Umgebung (es handelt sich also um eine Kühlvorrichtung) und nimmt dort Wärme  $q_{zu}$  auf. Zuletzt

strömt das Betriebsmedium M über die dritte Stellung des dritten 5/3-Wegeventils 64 zurück zum Kompressor 61.

In Fig. 16 ist die Anordnung in einem Wintermischbetrieb im Schema gezeigt. Hier werden Getriebe 75, Motor 76, Leistungselektronik und Batterie gekühlt und der Innenraum für die Passagiere geheizt. Das Betriebsmedium M strömt über den Kompressor 61 und das erste 5/3-Wegeventil 62 in erster Stellung und das erste 5/2-Wegeventil 72 zum Motor 76 weiter über das 5/2-Wegeventile 72 zum Getriebe 75, retour zum ersten 5/3-Wegeventil 62 zur Drossel 66.

Im Unterschied zum Winterwarmlaufbetrieb befindet sich hier das zweite 5/3-Wegeventil 63 in einer ersten Stellung, wodurch der Wärmetauscher 78 zur Leistungselektronik ebenfalls durchströmt wird und danach, der Wärmetauscher 79 zum Innenraum durchströmt wird. Der Wärmetauscher 80 zur Batterie wird nach dem Wärmetauscher 77 zur Umgebung durchströmt. Dazu steht das dritte 5/2-Wegeventil 74 in einer zweiten Stellung. Abschließend strömt das Betriebsmedium M zum Kompressor 61.

In den Fig. 17 bis 23 sind einfacher gestaltete Anordnungen speziell für hochflexible Kühlung und Heizung einer elektrischen Achse mit integrierter Leistungselektronik angeführt. Diese Anordnung wird als zweite Anordnung 100 bezeichnet. Sie weist eine Wärmetauschereinheit W und einer zentralen Arbeits- und Steuerungseinheit A auf. Die Arbeits- und Steuerungseinheit A besitzt einen Kompressor 101, ein erstes 5/3-Wegeventil 102, ein zweites 5/3-Wegeventil 103, ein 5/2-Wegeventil 104, zwei Mengenteiler 105 und 107, eine Drossel 106 und ein Rückschlagventil 112. Die Wärmetauschereinheit W umfasst ein Getriebe 108, einen Motor 109, einen Wärmetauscher 110 zur Umgebung und einen Wärmetauscher zur Leistungselektronik 111.

In Fig. 17 ist ein Sommerbetrieb gezeigt. Hier ist das erste 5/3-Wegeventil 102 in einer zweiten Stellung, das 5/2-Wegeventil 104 in einer zweiten Stellung und das zweite 5/3-Wegeventil 103 ist in einer zweiten Stellung angeordnet. Das Betriebsmedium M wird durch den Kompressor 101 auf ein höheres Druckniveau gebracht, strömt weiter zum Motor 109, nimmt dort Wärme  $q_{zu}$  auf, strömt zum Getriebe 108, nimmt dort ebenfalls Wärme  $q_{zu}$  auf, über den Wärmetauscher 110 zur Umgebung gibt das Betriebsmedium M Wärme  $q_{ab}$  ab. Abschließend wird das Betriebsmedium M über das Rückschlagventil 112 und über die Drossel 106 zum

Wärmetauscher 111 zur Leistungselektronik geführt. Von dort strömt das Betriebsmedium M zurück zum Kompressor 101.

Fig. 18 zeigt den Winterwarmlaufbetrieb, wobei sich das erste 5/3-Wegeventil 102 in einer ersten Stellung und das 5/2-Wegeventil 104 in einer ersten Stellung befinden. Das zweite 5/3-Wegeventil 103 steht in einer dritten Stellung. Vom Kompressor 101 gelangt das Betriebsmedium M zum Getriebe 108, weiter zur Drossel 106, von dort zum Wärmetauscher 110 zur Umgebung und wieder zurück zum Kompressor 101.

Ein Wintermischbetrieb ist in Fig. 19 näher erläutert. Hier befindet sich das erste 5/3-Wegeventil 102 in der ersten Stellung, das 5/2-Wegeventil 104 in der zweiten Stellung und das zweite 5/3-Wegeventil 103 in der zweiten Stellung. Dabei wird hier im Unterschied zum Winter-Warmlaufbetrieb in Fig. 18 auch der Motor 109 vom Betriebsmedium M durchströmt. Das Getriebe 108 wird geheizt und nimmt Wärme  $q_{ab}$  vom Betriebsmedium M auf. Der Motor 109, und der Wärmetauscher 111 zur Leistungselektronik werden gekühlt und das Betriebsmedium M nimmt Wärme  $q_{zu}$  auf.

Eine Minimalvariante mit möglichst geringer Komponentenanzahl ist in Fig. 20 und Fig. 21 dargestellt, welche als eine dritte Anordnung 120 bezeichnet wird. Die Anordnung 120 besteht aus einem Kompressor 121, einem Wärmetauscher 122 zur Umgebung, einem Motor 123, einem Getriebe 124, einer Drossel 125 und einem Wärmetauscher 126 zur Leistungselektronik. Dabei werden diese Komponenten nacheinander vom Betriebsmedium M durchströmt. Ein dazugehöriger Kreisprozess K6 ist im nachstehenden T-s-Diagramm Fig. 21 gezeigt.

Fig. 22 stellt eine vierte Anordnung 130 im Schema vor, die zusätzlich zur Anordnung 120 in Fig. 20 eine Turbine 134 zur Nutzung der Abwärme aufweist. Die Turbine 134 und eine Pumpe 131 sind zur Nutzung der kinetischen Energie von der Turbine 134 an der Pumpe 131 miteinander verbunden. Von der Pumpe 131 strömt das Betriebsmedium M zum Motor 132, weiter zum Getriebe 133, über die Turbine 134 über den Wärmetauscher 135 für die Leistungselektronik zum Wärmetauscher 136 zur Umgebung.

Einen dazugehörigen Kreisprozess K7 der vierten Anordnung 130 im T-s-Diagramm zeigt die Fig. 23.

Fig. 24 gibt das Schema einer fünften Anordnung 140 in einem Winterbetrieb an. Hier ist wiederum eine Arbeits- und Steuerungseinheit A und eine Wärmetauschereinheit W vorgesehen. Die Arbeits- und Steuerungseinheit A umfasst eine Pumpe 141, ein 4/2-Wegeventil 142, ein 6/2-Wegeventil 143, eine Drossel 144, einen Kompressor 145, eine Drossel 146 und ein Rückschlagventil 147. Die Wärmetauschereinheit W umfasst in dieser Ausführung einen Wärmetauscher 148 zur Leistungselektronik, einen Motor 149, ein Getriebe 150, einen Hochtemperatur-Wärmetauscher 151 zur Umgebung, einen Wärmetauscher 152 zum Innenraum, einen Wärmetauscher 153 zur Batterie und einen Niedertemperatur-Wärmetauscher 154 zur Umgebung. Dabei sind Wärmetauscher 148, Motor 149, und Getriebe 150 betriebsmäßig seriell hintereinandergeschaltet und diese Schaltung kann betriebsmäßig nicht verändert werden. Da die Temperaturniveaus dieser Bauteile ausreichend ähnlich sind, wird so der Aufbau vereinfacht, ohne die Temperierleistung in einem problematischen Maß zu verringern. Das gleiche gilt für Wärmetauscher 152 und 153.

Es werden in einem Winterbetrieb zur Beheizung von Innenraum und Batterie gemäß Fig. 24 folgende Bauteile nacheinander vom Betriebsmedium M durchströmt: Pumpe 141, Wärmetauscher 148 zur Leistungselektronik, der Motor 149, das Getriebe 150 und die Drossel 144. Das Betriebsmedium M strömt von dort weiter zum Wärmetauscher 152 zur Heizung des Innenraums und weiter zur Batterie und von dort zum 6/2-Wegeventil 143. Stromabwärts des 6/2-Wegeventils 143 teilt sich der Fluidstrom in zwei Teile auf. Ein erster Teil strömt weiter zur Drossel 146 und über den Niedertemperatur-Wärmetauscher 154 zum 6/2-Wegeventil 143 zum Kompressor 145 und wird nach Passieren des 6/2-Wegeventils 143 wieder zwischen Drossel 144 und dem Wärmetauscher 152 zum Innenraum, dem übrigen Teil des Betriebsmediums M zugeführt. Der andere Teil des Betriebsmediums M wird stromaufwärts der Drossel 146 weiter zur Pumpe 141 geleitet.

Dabei wird zur Heizung der Batterie und des Innenraums die Abwärme der Leistungselektronik, des Motors 149 und des Getriebes 150 sowie der Wärmeinhalt der Umgebungsluft über einen Wärmepumpenprozess genutzt.

Im T-s-Diagramm Fig. 25 ist dieser Kreisprozess K8 im Detail dargestellt. Hier findet der Wechsel auf ein höheres Druckniveau bei überhitztem Dampf rechts von

der Taulinie T mithilfe des Kompressors 145 statt, wobei durch die Durchmischung im Punkt 1 mit teilentspanntem Betriebsmedium aus dem Getriebe 150 das Betriebsmedium weder in den Nassdampfbereich rückgeführt wird, bevor es in den Wärmetauscher 152 gelangt. Dazu wird der Druck des zugemischten Betriebsmediums durch Drossel 144 vor der Durchmischung auf das gleiche Niveau gebracht wird.

In Punkt 2 wird das das Betriebsmedium stromabwärts von Wärmetauscher 153 in zwei parallel verlaufende Zweige des Kreisprozesses aufgeteilt. Entlang des einen Zweiges wird durch Pumpe 141 dessen Druckniveau erhöht und entlang des anderen über eine Drossel 147 das Druckniveau gesenkt.

In Fig. 26 ist die fünfte Anordnung 140 im Schema in einem Sommerbetrieb gezeigt. Von der Pumpe 141 strömt Betriebsmedium M zum Wärmetauscher 148 für die Leistungselektronik, weiter zum Motor 149 und zum Getriebe 150, nimmt dort überall Wärme  $q_{zu}$  auf und kühlt damit diese Bauteilanordnungen. Über das 4/2-Wegeventil 142 strömt das Betriebsmedium M zum Hochtemperatur-Wärmetauscher 151 zur Umgebung. Das Betriebsmedium M strömt über das 4/2-Wegeventil 142 zur Drossel 144 und weiter zum Wärmetauscher 152 für den Innenraum und dem Wärmetauscher 153 für die Batterie, wobei das Betriebsmedium M an diesen Wärmetauschern 152, 153 Wärme  $q_{zu}$  aufnimmt. Über den Kompressor 145 strömt das Betriebsmedium M zum Niedertemperatur-Wärmetauscher 154 zur Umgebung und über das Rückschlagventil 147 abschließend zur Pumpe 141. In dieser Betriebsvariante werden also anders als bei der Betriebsvariante aus Figs. 24, 25 alle Wärmetauscher 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154 seriell hintereinander vom Betriebsmedium durchflossen.

Fig. 27 zeigt wiederum den Kreisprozess der fünften Anordnung 140 im Sommerbetrieb im T-s-Diagramm.

Fig. 28 stellt eine sechste Anordnung 160 in einem Winterbetrieb schematisch dar. Wie in Fig. 24, werden Innenraum und Batterie beheizt.

Dazu weist die sechste Anordnung eine Arbeits- und Steuerungseinheit A mit einer Pumpe 161, einem ersten 6/2-Wegeventil 162, einer Drossel 163, einem zweiten 6/2-Wegeventil 164, einem Kompressor 165, einer Drossel 166 und einem Rückschlagventil 167 auf.

Weiters hat die sechste Anordnung 160 eine Wärmetauschereinheit W mit einem Wärmetauscher 168 zur Leistungselektronik, einem Motor 169, einem Getriebe 170, einem Hochtemperatur-Wärmetauscher 171 zur Umgebung, einem Wärmetauscher 172 zur Klimatisierung des Innenraums, einem Wärmetauscher 173 für die Batterie und einem Niedertemperatur-Wärmetauscher 174 zur Umgebung.

Im in Fig. 28 dargestellten Winterbetrieb wird das Betriebsmedium M von der Pumpe 161 zum Wärmetauscher 168 für die Leistungselektronik, dem Motor 169 und dem Getriebe 170 befördert. Die Leistungselektronik, der Motor 169 und das Getriebe 170 werden gekühlt und das Betriebsmedium M nimmt siedend Wärme  $q_{zu}$  an Wärmetauscher 168, Motor 169 und Getriebe 170 auf. Über das erste 6/2-Wegeventil 162 strömt das Betriebsmedium M anschließend über die Drossel 163 zu den Wärmetauschen 172, 173 für den Innenraum und für die Batterie. Diese werden geheizt und das Betriebsmedium M gibt siedend Wärme  $q_{ab}$  ab. Von dort wird das Betriebsmedium M zu dem zweiten 6/2-Wegeventil 164 geleitet. Stromabwärts des 6/2-Wegeventils 164 wird das Betriebsmedium M in zwei Teile aufgeteilt.

Ein erster Anteil strömt über die Drossel 164 zum Niedertemperatur-Wärmetauscher 174 zur Umgebung und zurück über das zweite 6/2-Wegeventil 164 zum Kompressor 165. Anschließend wird es über das zweite 6/2-Wegeventil 164 stromaufwärts des Wärmetauschers 172 zur Beheizung des Innenraums wieder eingeleitet.

Der zweite Anteil strömt über das erste 6/2-Wegeventil 162 gleich zurück zur Pumpe 161.

Fig. 29 veranschaulicht den Kreisprozess K9 der sechsten Anordnung 160 im Winterbetrieb im T-s-Diagramm.

Fig. 30 stellt die sechste Anordnung 160 in einem Sommerbetrieb vereinfacht dar. Leistungselektronik, Motor 169 und Getriebe 170 werden wiederum gekühlt, und im Unterschied zum Winterbetrieb werden Innenraum und Batterie ebenfalls gekühlt. Die Wärme für einen Kreisprozess K11 (Fig. 31) wird vom Hochtemperatur-Wärmetauscher 171 und dem Niedertemperatur-Wärmetauscher 174 zur Umgebung aufgenommen.

Das Betriebsmedium M strömt von der Pumpe 161 zum Wärmetauscher 168, dem Motor 169 und dem Getriebe 170. Es strömt über das erste 6/2-Wegeventil 162 zum Hochtemperatur-Wärmetauscher 171. Von dort wird das Betriebsmedium M zurück zum ersten 6/2-Wegeventil 162 geleitet und wieder der Pumpe 161 zugeführt.

Parallel dazu wird über den Kompressor 165 das Betriebsmedium M in einem weiteren Kreisprozess K10 verdichtet und über das zweite 6/2-Wegeventil 164 dem Niedertemperatur-Wärmetauscher 174 zur Umgebung zugeführt. Über das Rückschlagventil 167 und das erste 6/2-Wegeventil 162 strömt das Betriebsmedium M zur Drossel 163 und von dort zu den Wärmetauschern 172 und 173 für Innenraum und Batterie. Über das zweite 6/2-Wegeventil 164 wird das Betriebsmedium M wieder dem Kompressor 165 zugeführt.

Wie leicht erkennbar ist, sind in dieser Betriebsvariante diese beiden Kreisprozesse in K10, K11 getrennt voneinander und laufen parallel zueinander ab. Es kann also vorteilhaft sein, wenn in einer Betriebsvariante das Betriebsmedium in zumindest zwei voneinander getrennten Kreisprozessen geführt wird.

## P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zur Temperierung zumindest zweier Bauteilanordnungen insbesondere eines Fahrzeugs auf unterschiedliche Temperaturniveaus mit einem in zumindest einem Kreisprozess (K1-K10) betriebenen Betriebsmedium (M), in welchem – vorzugsweise nacheinander – zumindest eine erste Wärmetauscheranordnung und eine zweite Wärmetauscheranordnung von dem unter Druck stehenden Betriebsmedium (M) durchströmt werden, wobei eine erste Bauteilanordnung durch die erste Wärmetauscheranordnung und eine zweite Bauteilanordnung durch die zweite Wärmetauscheranordnung temperiert werden, dadurch gekennzeichnet, dass
  - a. das Betriebsmedium (M) auf ein erstes Druckniveau gebracht wird - vorzugsweise verdichtet wird - und der ersten Wärmetauscheranordnung zugeführt wird, sodass die erste Bauteilanordnung bei siedendem oder kondensierendem Betriebsmedium gekühlt oder geheizt wird, wobei das Betriebsmedium (M) das Nassdampfgebiet im Wesentlichen nicht verlässt,
  - b. das Betriebsmedium (M) - vorzugsweise stromabwärts der ersten Wärmetauscheranordnung - auf zumindest ein zweites Druckniveau gebracht wird - vorzugsweise entspannt wird - und der zweiten Wärmetauscheranordnung zugeführt wird, sodass die zweite Bauteilanordnung bei siedendem oder kondensierendem Betriebsmedium (M) gekühlt oder geheizt wird, wobei das Betriebsmedium (M) das Nassdampfgebiet im Wesentlichen nicht verlässt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Betriebsmedium (M) zumindest eine weitere Wärmetauscheranordnung durchströmt wobei zumindest eine weitere Bauteilanordnung durch die weitere Wärmetauscheranordnung temperiert wird, wobei das Betriebsmedium (M) das Nassdampfgebiet im Wesentlichen nicht verlässt und dass vorzugsweise das Betriebsmedium (M) – besonders vorzugsweise stromabwärts der zweiten Wärmetauscheranordnung - auf zumindest ein weiteres Druckniveau gebracht wird - vorzugsweise entspannt wird –und dem weiteren Wärmetauscheranordnung zugeführt wird, sodass die weitere

Bauteilanordnung bei siedendem oder kondensierendem Betriebsmedium (M) gekühlt oder geheizt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Betriebsmedium (M) zumindest einmal während des Kreisprozesses durch zumindest eine Kühlvorrichtung (54, 77, 110, 151) strömt und Wärme abgibt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und die zweite Bauteilanordnung gekühlt werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Wärmetauscheranordnung, die zweite Wärmetauscheranordnung und zumindest eine weitere Wärmetauscheranordnung seriell entlang eines Kreisprozesses des Betriebsmediums vom Betriebsmedium durchströmt werden und dass die Reihenfolge der Wärmetauscheranordnungen des Kreisprozesses zumindest teilweise betriebsmäßig frei wählbar ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Wärmetauscheranordnung und die zweite Wärmetauscheranordnung seriell entlang eines Kreisprozesses des Betriebsmediums (M) vom Betriebsmedium (M) durchflossen werden und dass zumindest eine weitere Wärmetauscheranordnung parallel zu der ersten Wärmetauscheranordnung und/oder der zweiten Wärmetauscheranordnung durchströmt wird und dass vorzugsweise die Reihenfolge dieser Wärmetauscheranordnungen zumindest teilweise betriebsmäßig frei wählbar ist.
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Wärmetauscheranordnung und/oder die zweite Wärmetauscheranordnung und/oder zumindest eine weitere Wärmetauscheranordnung mehrere Wärmetauscher umfassen, welche vorzugsweise unterschiedliche Bauteilanordnungen temperieren, und dass die Wärmetauscher einer Wärmetauscheranordnung seriell entlang des Kreisprozesses vom Betriebsmedium durchflossen werden und dass die Reihenfolge der Wärmetauscher einer Wärmetauscheranordnung nicht betriebsmäßig änderbar ist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die erste Wärmetauscheranordnung und die zweite Wärmetauscheranordnung von einem Steuerblock mit Betriebsmedium versorgt werden und dass die Reihenfolge dieser Wärmetauscheranordnungen zumindest teilweise betriebsmäßig über den Steuerblock frei wählbar ist und dass vorzugsweise der Steuerblock als zentraler Steuerblock ausgeführt ist, welcher Ventile und vorzugsweise auch zumindest eine Pumpeinrichtung umfasst und dass zumindest der erste und zweite Wärmetauscheranordnung mit dem Steuerblock verbunden sind.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Betriebsmedium bei dem Bringen auf das erste Druckniveau in einen Bereich außerhalb des Nassdampfgebietes gebracht wird und dass das Betriebsmedium vor dem Zuführen zu der ersten Wärmetauscheranordnung wieder in das Nassdampfgebiet rückgeführt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Rückführung in das Nassdampfgebiet zumindest teilweise durch Zumischung mit Betriebsmedium (M) aus einem anderen Teil des Kreisprozesses erfolgt.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das zugemischte Betriebsmedium (M) vor dem Mischen im Wesentlichen auf das erste Druckniveau gebracht wird.

07.12.2021

MT



Fig. 3

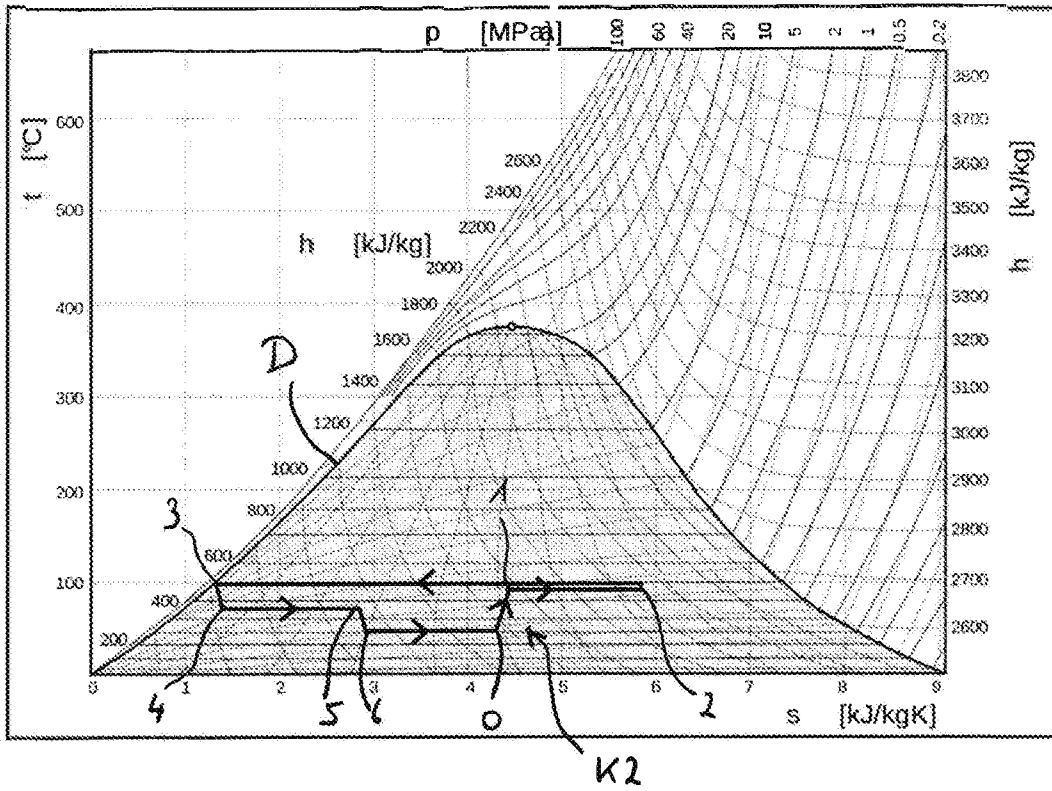


Fig. 4

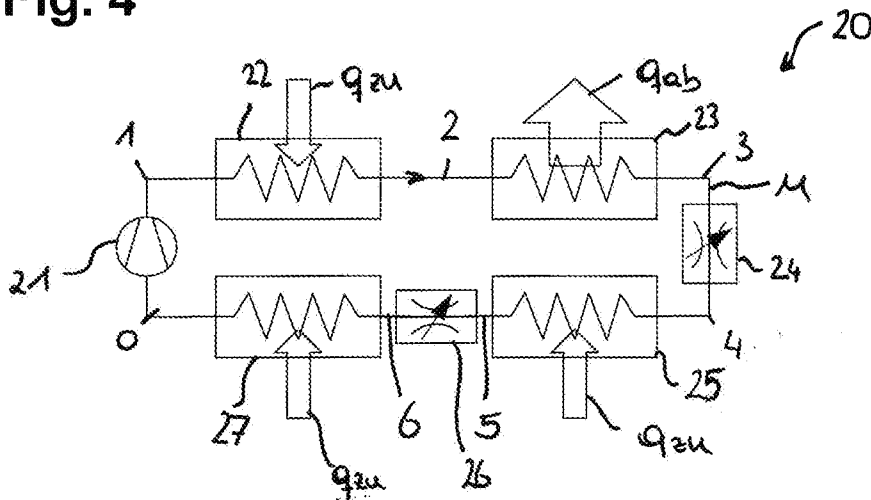


Fig. 5

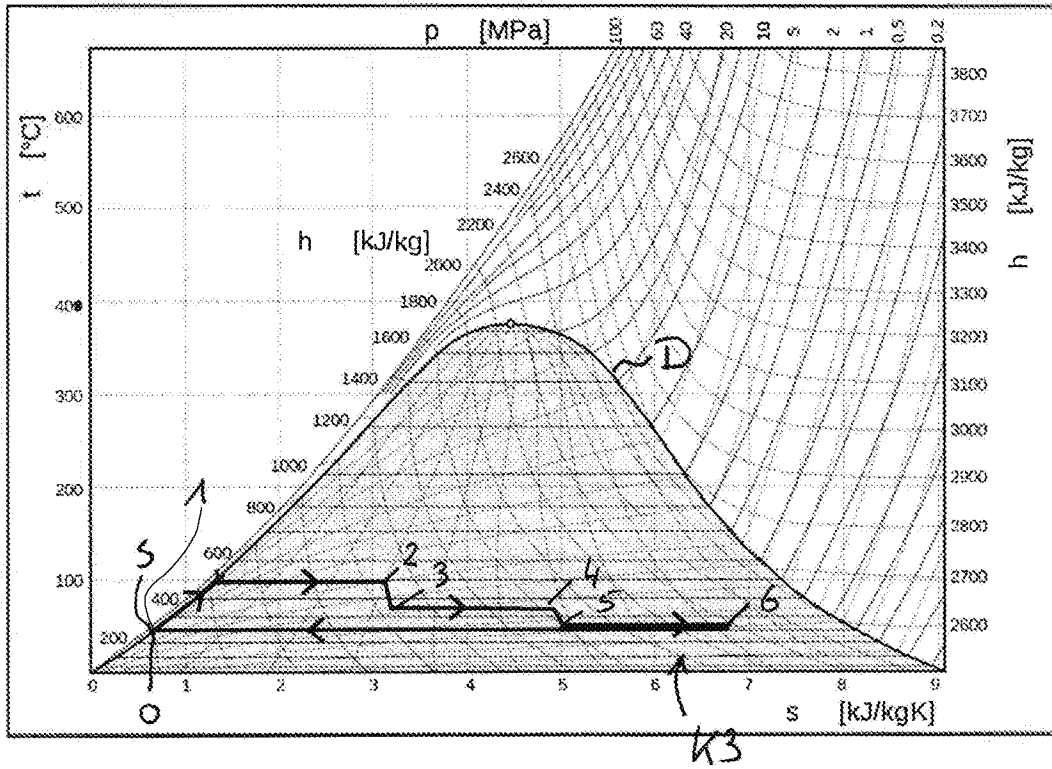


Fig. 6

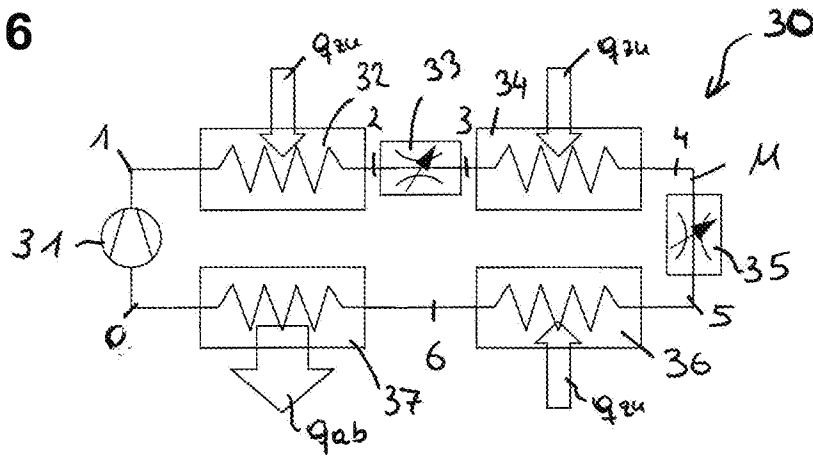


Fig. 7

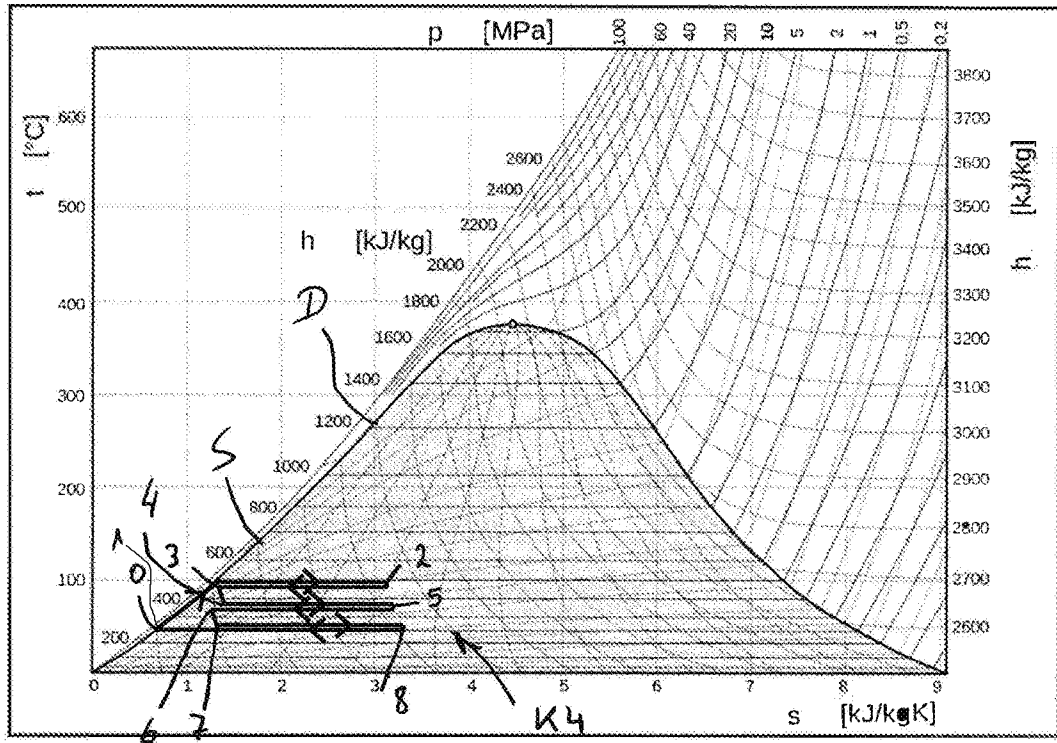


Fig. 8

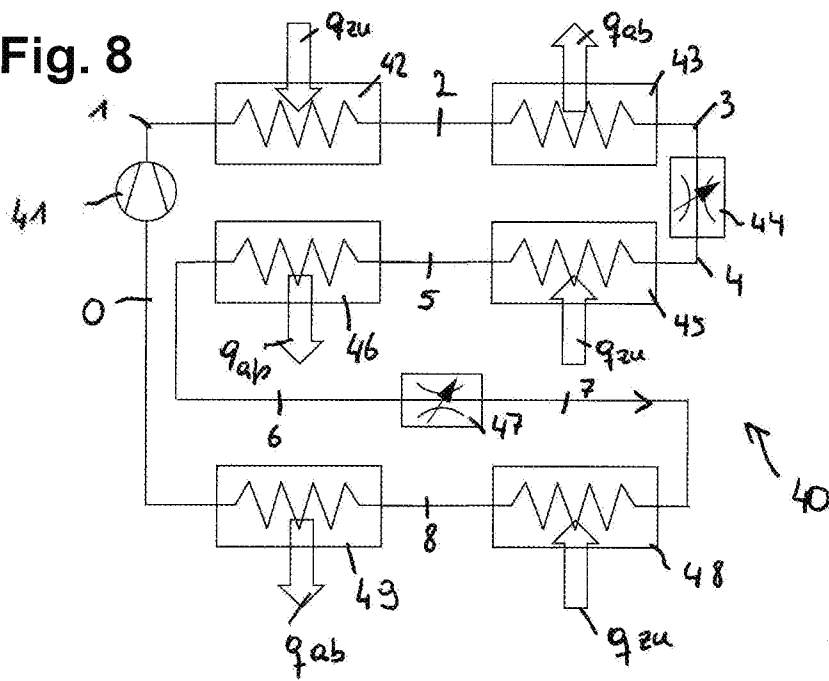


Fig. 9

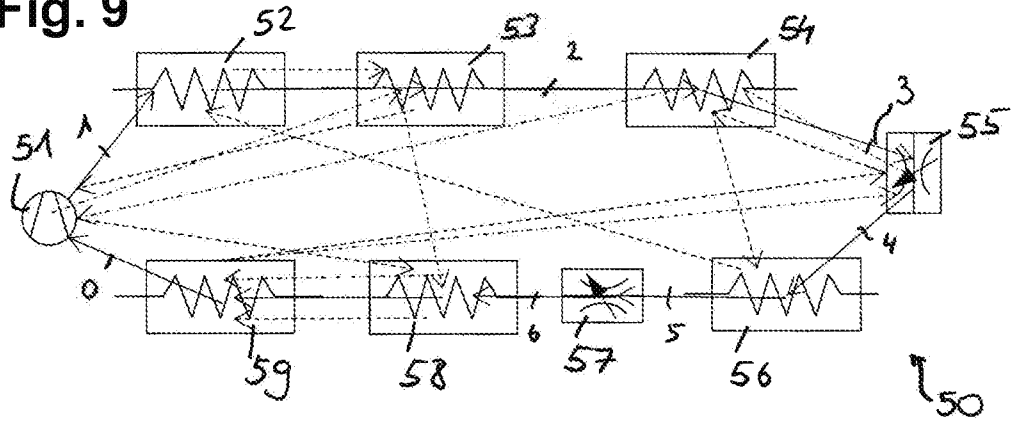


Fig. 10

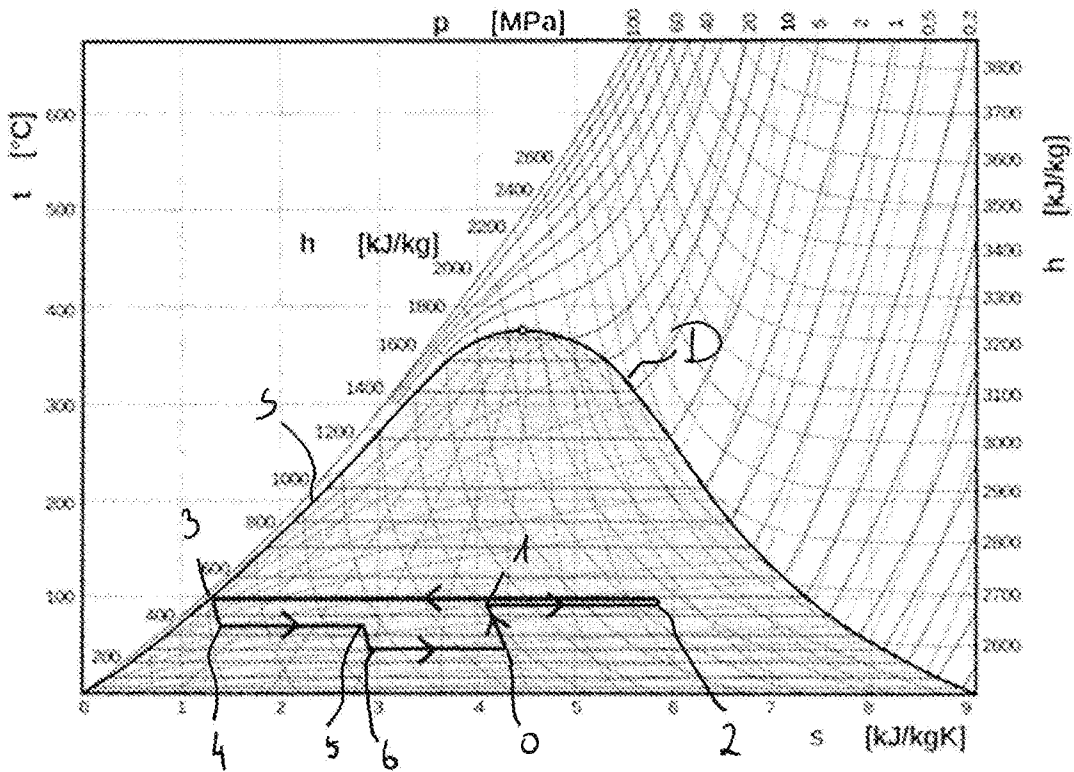


Fig. 11

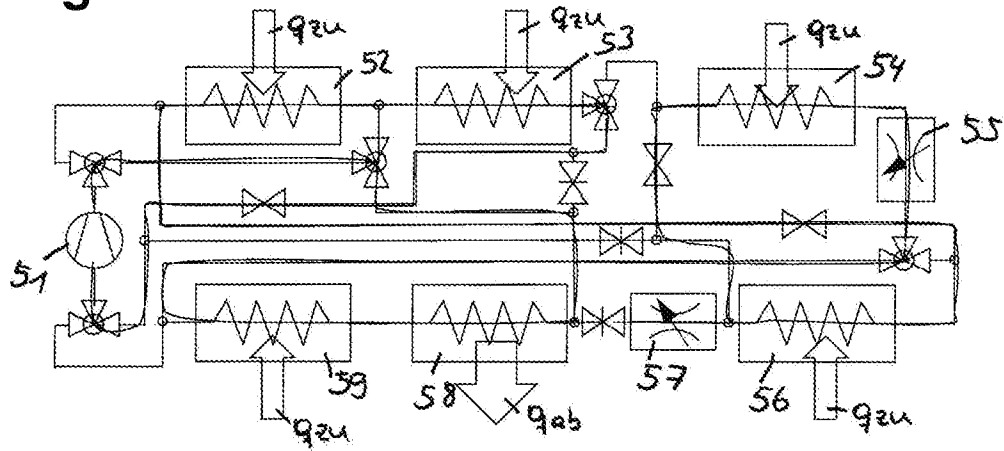


Fig. 12

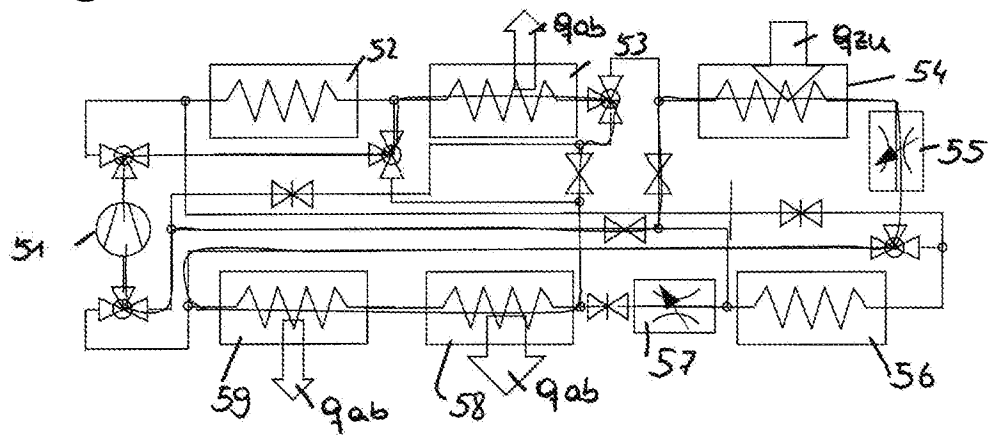
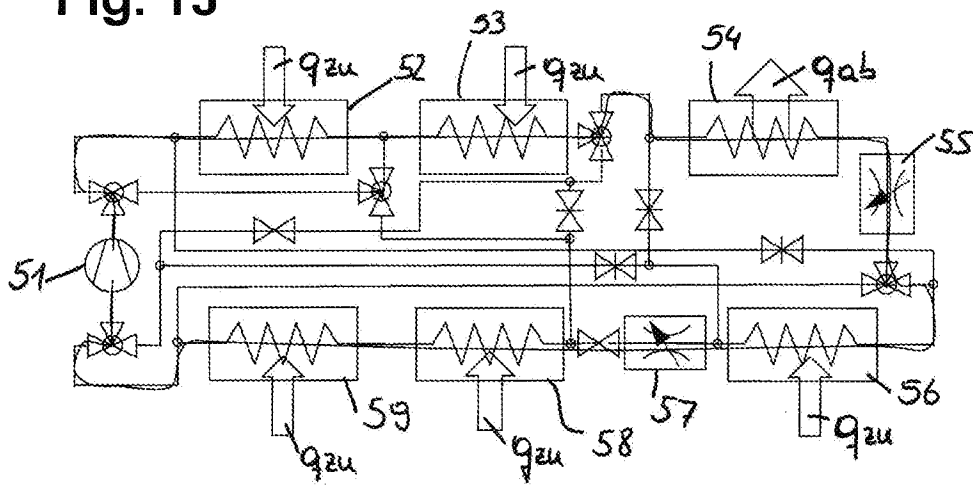


Fig. 13



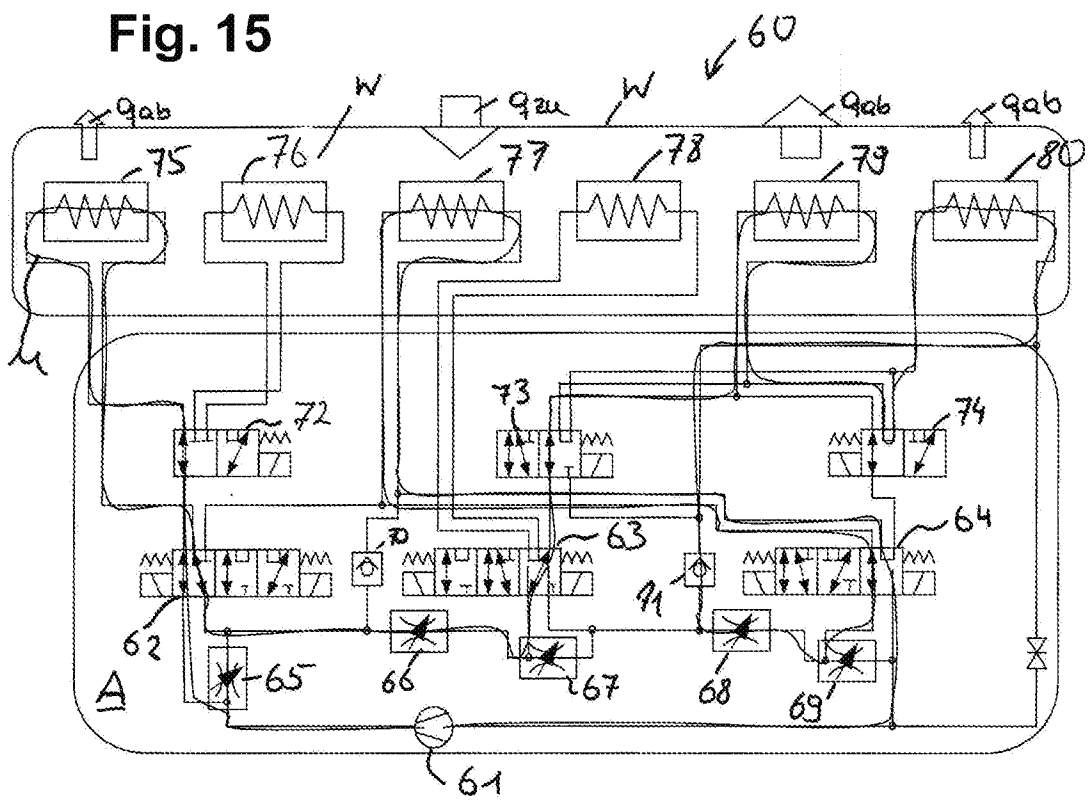
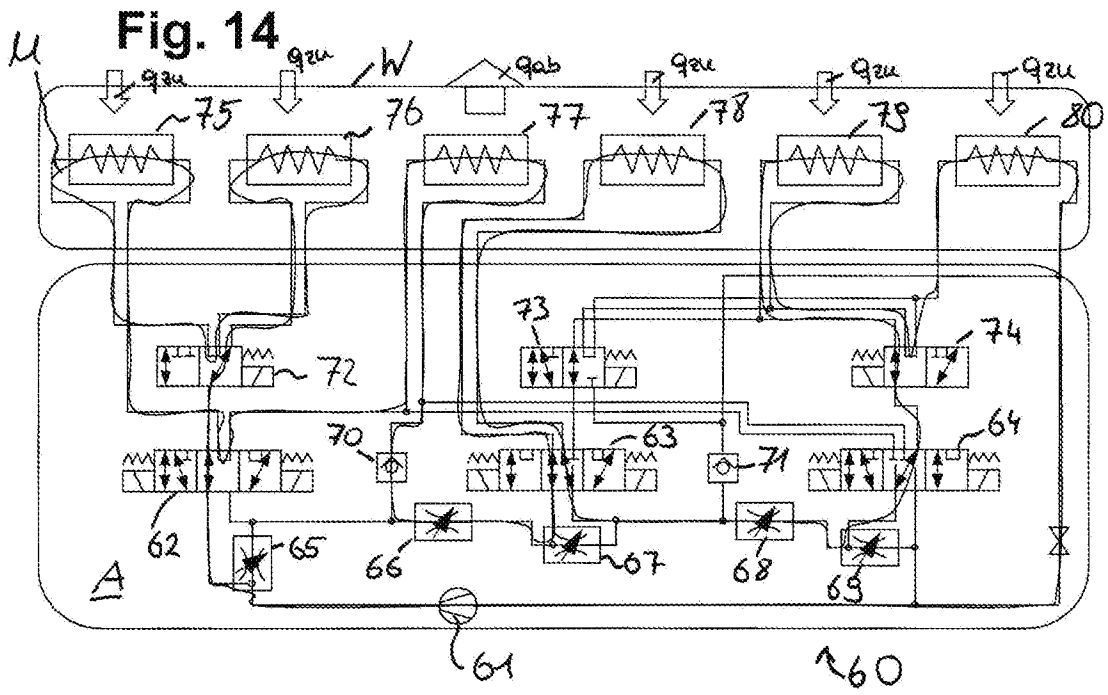


Fig. 16

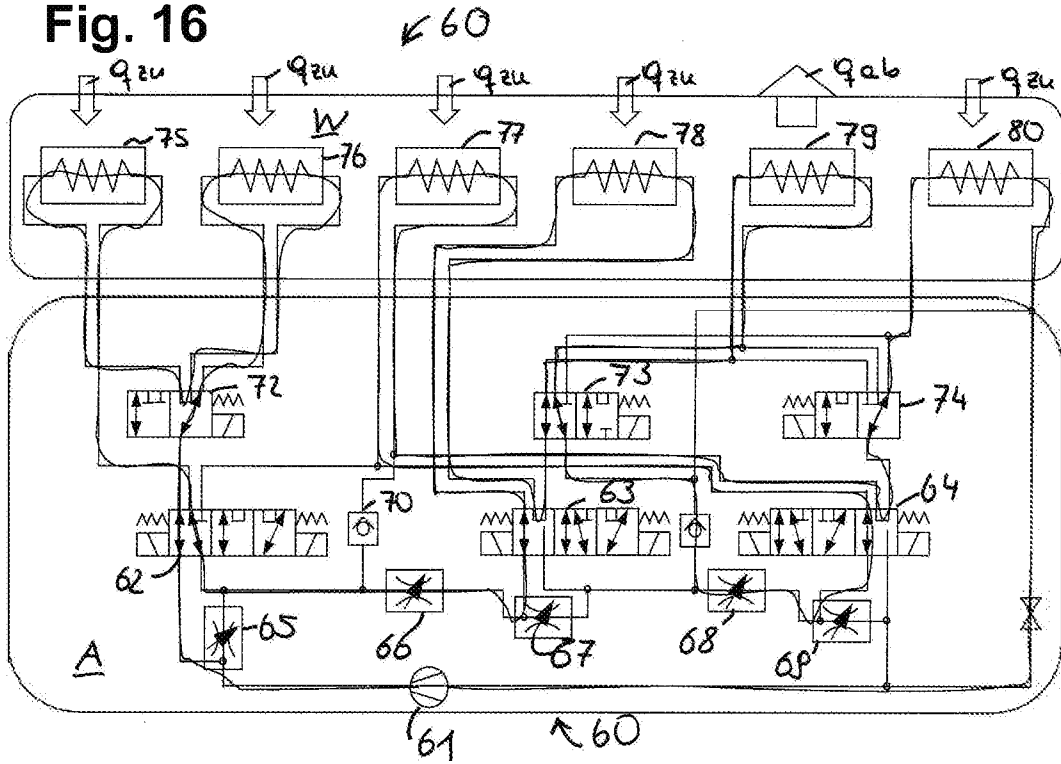
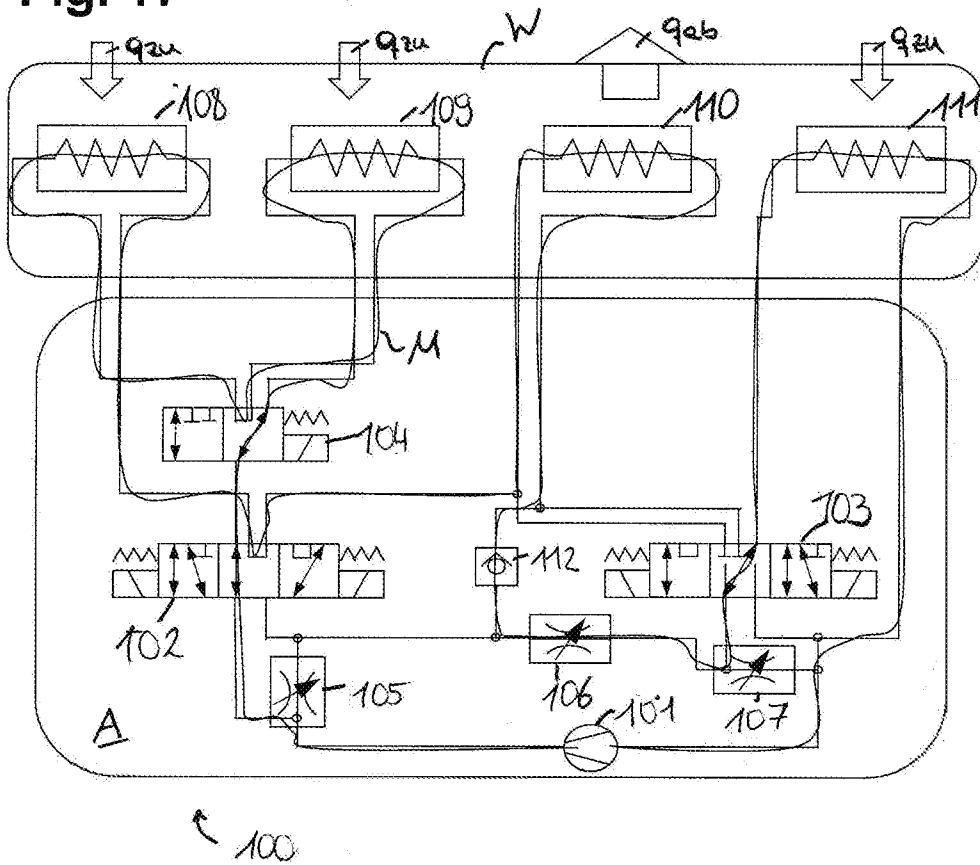
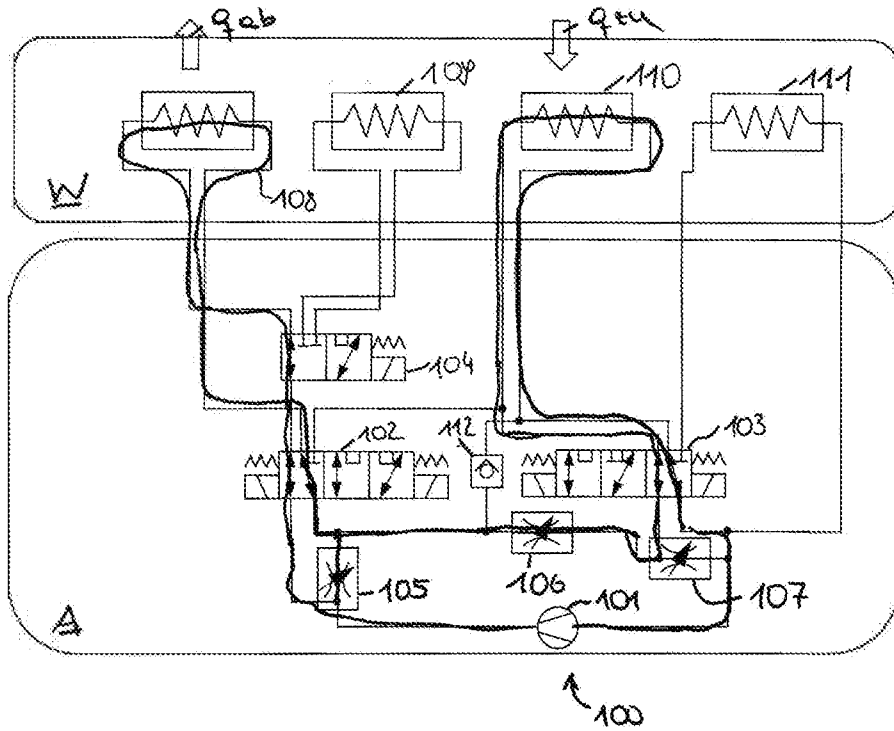


Fig. 17



**Fig. 18**



**Fig. 19**

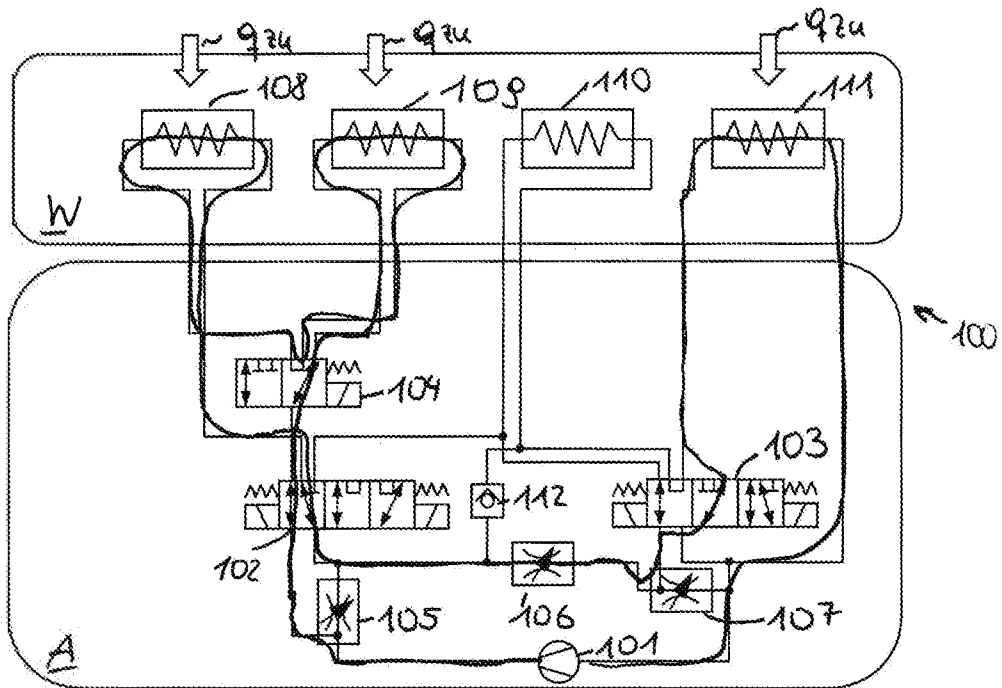


Fig. 20

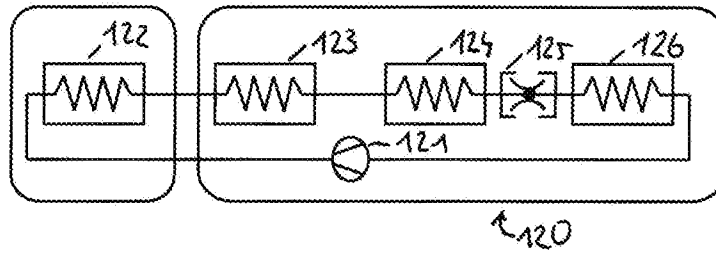


Fig. 21

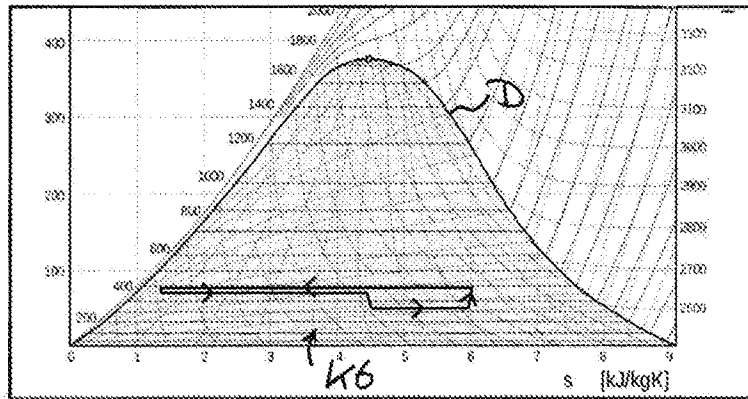


Fig. 22

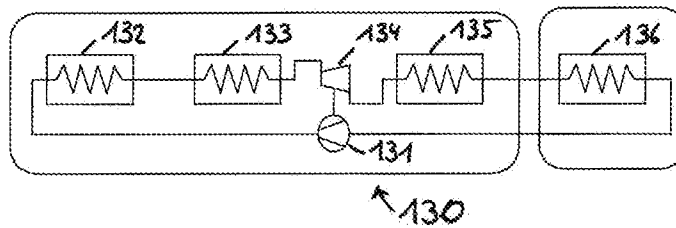


Fig. 23

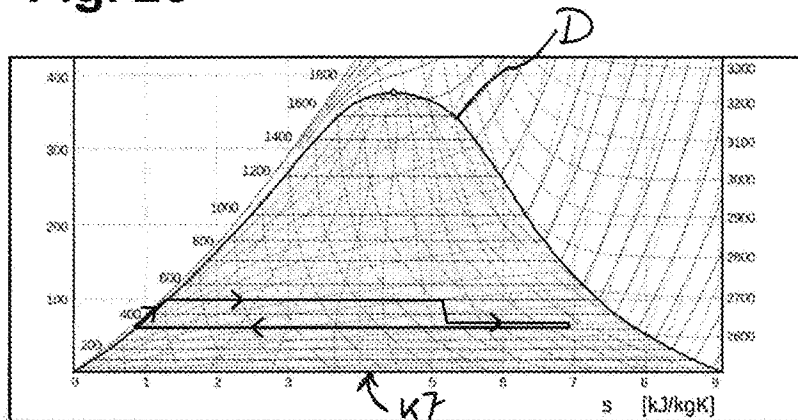


Fig. 24

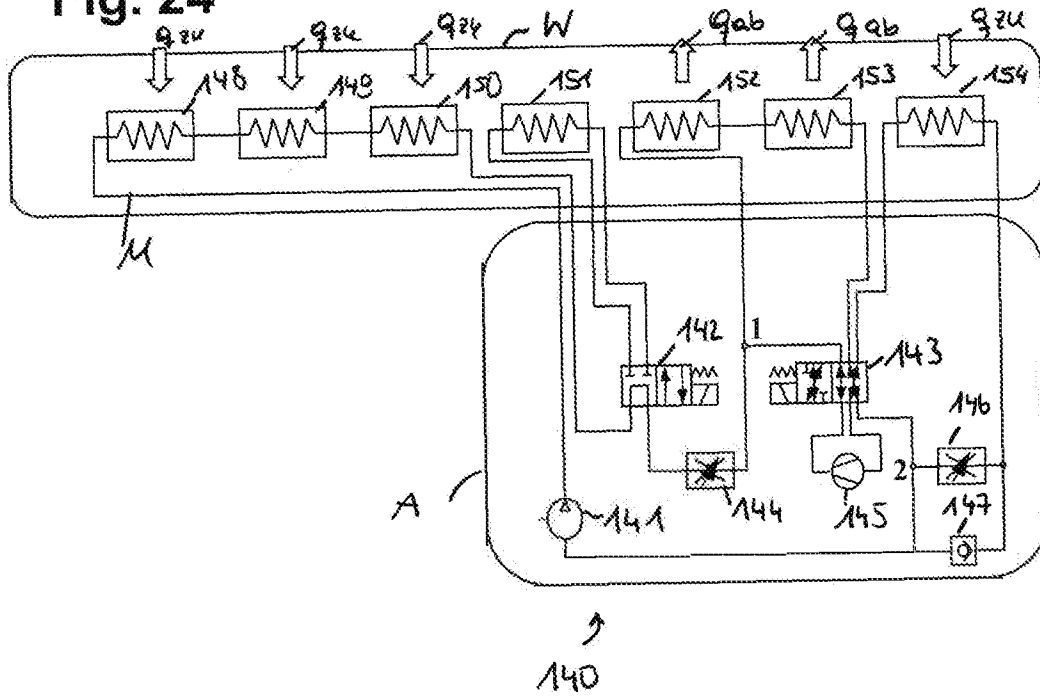


Fig. 25

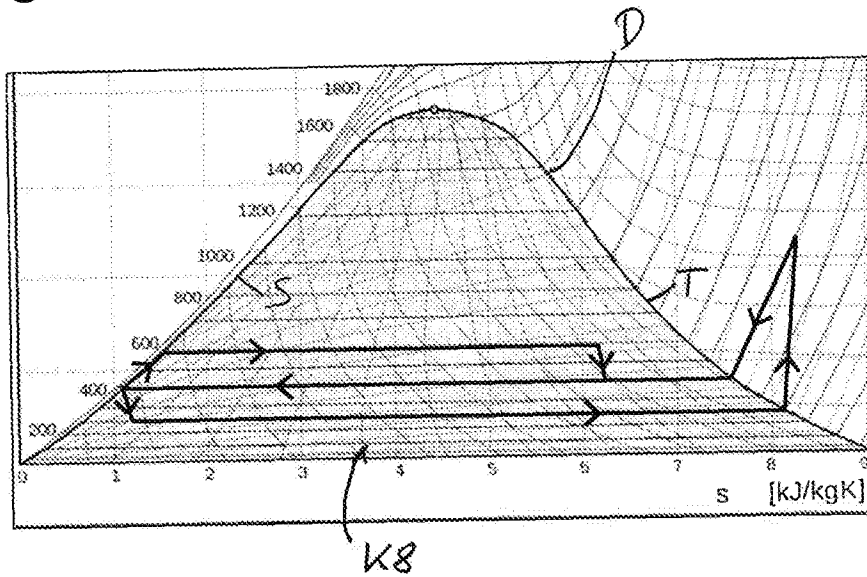






Fig. 30

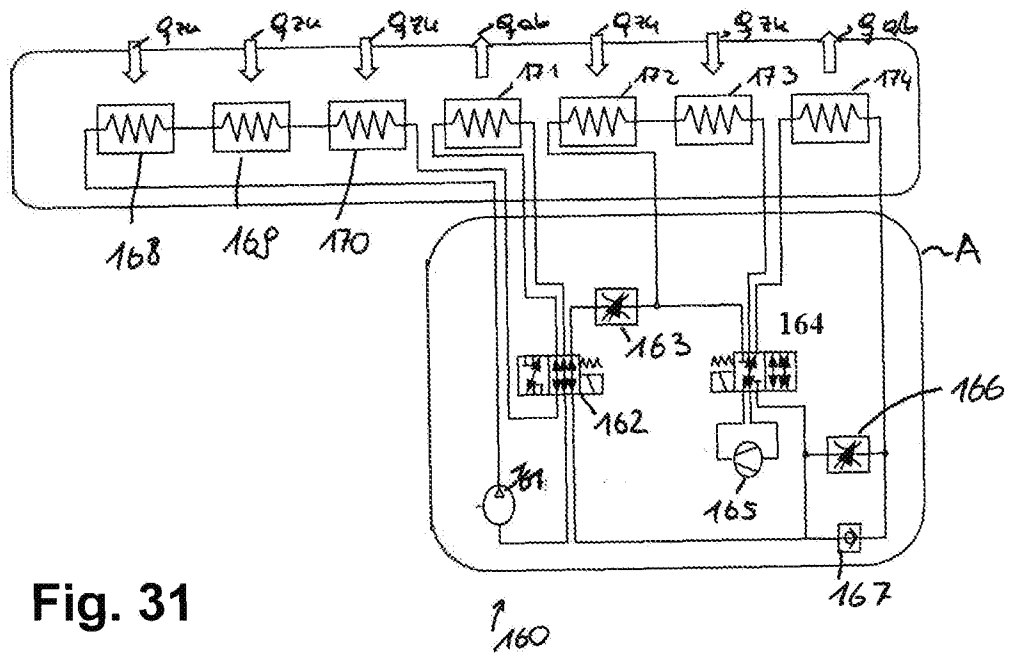
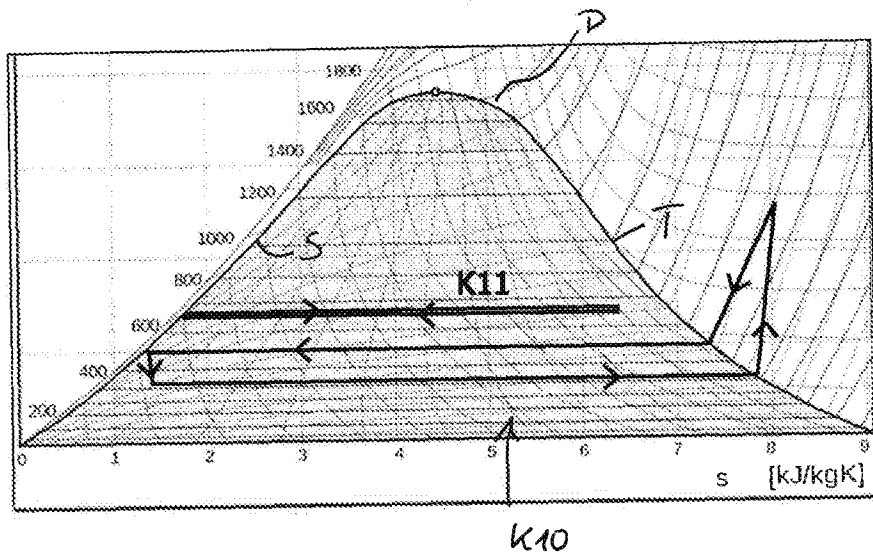


Fig. 31



## P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zur Temperierung zumindest zweier Bauteilanordnungen insbesondere eines Fahrzeugs auf unterschiedliche Temperaturniveaus mit einem in zumindest einem Kreisprozess (K1-K10) betriebenen Betriebsmedium (M), in welchem nacheinander zumindest eine erste Wärmetauscheranordnung und eine zweite Wärmetauscheranordnung von dem unter Druck stehenden Betriebsmedium (M) durchströmt werden, wobei eine erste Bauteilanordnung durch die erste Wärmetauscheranordnung und eine zweite Bauteilanordnung durch die zweite Wärmetauscheranordnung temperiert werden, dadurch gekennzeichnet, dass
  - a. das Betriebsmedium (M) auf ein erstes Druckniveau gebracht wird - vorzugsweise verdichtet wird - und der ersten Wärmetauscheranordnung zugeführt wird, sodass die erste Bauteilanordnung bei siedendem oder kondensierendem Betriebsmedium gekühlt oder geheizt wird, wobei das Betriebsmedium (M) das Nassdampfgebiet im Wesentlichen nicht verlässt,
  - b. das Betriebsmedium (M) - vorzugsweise stromabwärts der ersten Wärmetauscheranordnung - auf zumindest ein zweites Druckniveau gebracht wird - vorzugsweise entspannt wird - und der zweiten Wärmetauscheranordnung zugeführt wird, sodass die zweite Bauteilanordnung bei siedendem oder kondensierendem Betriebsmedium (M) gekühlt oder geheizt wird, wobei das Betriebsmedium (M) das Nassdampfgebiet im Wesentlichen nicht verlässt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Betriebsmedium (M) zumindest eine weitere Wärmetauscheranordnung durchströmt wobei zumindest eine weitere Bauteilanordnung durch die weitere Wärmetauscheranordnung temperiert wird, wobei das Betriebsmedium (M) das Nassdampfgebiet im Wesentlichen nicht verlässt und dass vorzugsweise das Betriebsmedium (M) – besonders vorzugsweise stromabwärts der zweiten Wärmetauscheranordnung - auf zumindest ein weiteres Druckniveau gebracht wird - vorzugsweise entspannt wird –und dem weiteren Wärmetauscheranordnung zugeführt wird, sodass die weitere

Bauteilanordnung bei siedendem oder kondensierendem Betriebsmedium (M) gekühlt oder geheizt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Betriebsmedium (M) zumindest einmal während des Kreisprozesses durch zumindest eine Kühlvorrichtung (54, 77, 110, 151) strömt und Wärme abgibt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und die zweite Bauteilanordnung gekühlt werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Wärmetauscheranordnung, die zweite Wärmetauscheranordnung und zumindest eine weitere Wärmetauscheranordnung seriell entlang eines Kreisprozesses des Betriebsmediums vom Betriebsmedium durchströmt werden und dass die Reihenfolge der Wärmetauscheranordnungen des Kreisprozesses zumindest teilweise betriebsmäßig frei wählbar ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Wärmetauscheranordnung und die zweite Wärmetauscheranordnung seriell entlang eines Kreisprozesses des Betriebsmediums (M) vom Betriebsmedium (M) durchflossen werden und dass zumindest eine weitere Wärmetauscheranordnung parallel zu der ersten Wärmetauscheranordnung und/oder der zweiten Wärmetauscheranordnung durchströmt wird und dass vorzugsweise die Reihenfolge dieser Wärmetauscheranordnungen zumindest teilweise betriebsmäßig frei wählbar ist.
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Wärmetauscheranordnung und/oder die zweite Wärmetauscheranordnung und/oder zumindest eine weitere Wärmetauscheranordnung mehrere Wärmetauscher umfassen, welche vorzugsweise unterschiedliche Bauteilanordnungen temperieren, und dass die Wärmetauscher einer Wärmetauscheranordnung seriell entlang des Kreisprozesses vom Betriebsmedium durchflossen werden und dass die Reihenfolge der Wärmetauscher einer Wärmetauscheranordnung nicht betriebsmäßig änderbar ist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die erste Wärmetauscheranordnung und die zweite Wärmetauscheranordnung von einem Steuerblock mit Betriebsmedium versorgt werden und dass die Reihenfolge dieser Wärmetauscheranordnungen zumindest teilweise betriebsmäßig über den Steuerblock frei wählbar ist und dass vorzugsweise der Steuerblock als zentraler Steuerblock ausgeführt ist, welcher Ventile und vorzugsweise auch zumindest eine Pumpeinrichtung umfasst und dass zumindest der erste und zweite Wärmetauscheranordnung mit dem Steuerblock verbunden sind.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Betriebsmedium bei dem Bringen auf das erste Druckniveau in einen Bereich außerhalb des Nassdampfgebietes gebracht wird und dass das Betriebsmedium vor dem Zuführen zu der ersten Wärmetauscheranordnung wieder in das Nassdampfgebiet rückgeführt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Rückführung in das Nassdampfgebiet zumindest teilweise durch Zumischung mit Betriebsmedium (M) aus einem anderen Teil des Kreisprozesses erfolgt.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das zugemischte Betriebsmedium (M) vor dem Mischen im Wesentlichen auf das erste Druckniveau gebracht wird.

02.08.2022

MT/iv