



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2020 213 082.5**

(51) Int Cl.: **H01M 8/04007 (2016.01)**

(22) Anmeldetag: **16.10.2020**

(43) Offenlegungstag: **21.04.2022**

(71) Anmelder:  
**Robert Bosch Gesellschaft mit beschränkter  
Haftung, 70469 Stuttgart, DE**

(56) Ermittelte Stand der Technik:

<b>US</b>	<b>7 141 326</b>	<b>B2</b>
<b>US</b>	<b>2002 / 0 114 985</b>	<b>A1</b>
<b>CN</b>	<b>2 08 284 563</b>	<b>U</b>
<b>JP</b>	<b>2016- 157 598</b>	<b>A</b>

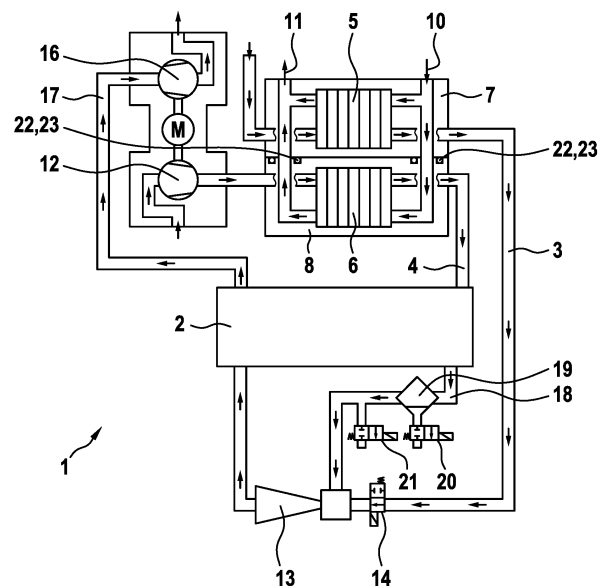
(72) Erfinder:  
**Schnittger, Dirk, 71640 Ludwigsburg, DE**

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Brennstoffzellensystem, Fahrzeug mit Brennstoffzellensystem sowie Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem (1), umfassend einen Brennstoffzellenstapel (2) mit einer Anode, die über einen Anodenpfad (3) mit Wasserstoff versorgbar ist, und einer Kathode, die über einen Kathodenpfad (4) mit Sauerstoff versorgbar ist. Erfindungsgemäß bilden eine in den Anodenpfad (3) integrierte Kühleinrichtung (5) und eine in den Kathodenpfad (4) integrierte Kühleinrichtung (6) eine bauliche Einheit aus. Die Erfindung betrifft ferner ein Fahrzeug mit einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem (1) sowie ein Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems (1).



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem, umfassend einen Brennstoffzellenstapel gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Fahrzeug mit einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem sowie ein Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems.

**Stand der Technik**

**[0002]** Brennstoffzellen wandeln Wasserstoff mit Hilfe von Sauerstoff zu elektrischer Energie. Nebenprodukte sind Wärme und Wasser. Der hierzu benötigte Wasserstoff wird in einem geeigneten Tank bevorratet und über einen Anodenpfad einer Anode der Brennstoffzelle zugeführt. Der ferner benötigte Sauerstoff wird der Umgebungsluft entnommen. Die als Sauerstofflieferant dienende Umgebungsluft wird über einen Kathodenpfad einer Kathode der Brennstoffzelle zugeführt. Eine Vielzahl von Brennstoffzellen in gestapelter Anordnung bilden einen Brennstoffzellenstapel aus.

**[0003]** Brennstoffzellensysteme mit wasserstoffbasierten Brennstoffzellen gelten als Mobilitätskonzept der Zukunft, da sie im Wesentlichen nur Wasser als Abgas emittieren und schnelle Betankungszeiten ermöglichen.

**[0004]** Die der Kathode zugeführte Umgebungsluft wird zuvor verdichtet. Hierzu ist im Kathodenpfad ein elektromotorisch angetriebener Luftverdichter angeordnet. Beim Verdichten erwärmt sich die Luft, so dass sie vor dem Eintritt in den Brennstoffzellenstapel abgekühlt werden muss. Stromabwärts des Luftverdichters ist daher in der Regel eine Kühleinrichtung, beispielsweise in Form eines Wärmetauschers, in den Kathodenpfad integriert.

**[0005]** Im Anodenpfad kann darüber hinaus eine Einrichtung zur thermischen Konditionierung von Wasserstoff angeordnet sein. Mit Hilfe der Einrichtung kann der Wasserstoff abgekühlt oder erwärmt werden, je nach den aktuellen Bedingungen, insbesondere Umgebungstemperaturen.

**[0006]** Die vorliegende Erfindung ist mit der Aufgabe befasst, den Aufbau von Brennstoffzellensystemen zu vereinfachen, insbesondere die Teilezahl zu reduzieren und/oder Bauraum einzusparen.

**[0007]** Zur Lösung der Aufgabe wird das Brennstoffzellensystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1 vorgeschlagen. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen. Ferner werden ein Fahrzeug mit einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem sowie ein Verfah-

ren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems angegeben.

**Offenbarung der Erfindung**

**[0008]** Das vorgeschlagene Brennstoffzellensystem umfasst einen Brennstoffzellenstapel mit einer Anode, die über einen Anodenpfad mit Wasserstoff versorgbar ist, und einer Kathode, die über einen Kathodenpfad mit Sauerstoff versorgbar ist. Erfindungsgemäß bilden eine in den Anodenpfad integrierte Kühleinrichtung und eine in den Kathodenpfad integrierte Kühleinrichtung eine bauliche Einheit aus.

**[0009]** Die Ausbildung der Kühleinrichtungen als eine bauliche Einheit ermöglicht eine kompaktere Bauweise und zugleich eine höhere Leistungsdichte des Brennstoffzellensystem. Die kompaktere Bauweise hilft Bauraum einzusparen.

**[0010]** Die Ausbildung der Kühleinrichtungen als bauliche Einheit setzt die räumliche Nähe der Kühleinrichtungen voraus. Hierzu muss die Position zumindest einer Kühleinrichtung entsprechend verändert werden. Durch die räumliche Nähe der Kühleinrichtungen zueinander können Leitungslängen reduziert werden, die beispielsweise den Anschlüssen der Kühleinrichtungen an einen Kühlmittelkreislauf dienen.

**[0011]** Bevorzugt bilden die Kühleinrichtungen jeweils eine Untereinheit aus und die Untereinheiten sind fest miteinander verbunden. Das heißt, dass herkömmliche Kühleinrichtungen verwendet werden können, die jeweils aus mehreren untereinander verbundenen Bauteilen zusammengesetzt sind. Bei den mehreren untereinander verbundenen Bauteilen kann es sich beispielsweise um Platten handeln, die miteinander verlötet sind. Nach dem Zusammensetzen der beiden Untereinheiten können diese zu einer Einheit zusammengefasst werden.

**[0012]** Die zu einer Einheit verbundenen Kühleinrichtungen können jeweils ein Gehäuse oder ein gemeinsames Gehäuse aufweisen. Sofern jede Kühleinrichtung ein eigenes Gehäuse aufweist, sind diese fest miteinander verbunden, insbesondere verschraubt, verklebt und/oder verschweißt. Weisen die Kühleinrichtungen ein gemeinsames Gehäuse auf, verringert sich die Teilezahl weiter, da nur noch ein Gehäuse vorhanden ist. Mit der Teilezahl sinkt zugleich der Montageaufwand. Bei nur einem Gehäuse kann ferner die Anzahl der Kühlmittelschlüsse reduziert werden. Damit verringert sich die Gefahr, dass Undichtigkeiten auftreten. Im Ergebnis steigt somit die Robustheit des Brennstoffzellensystems.

**[0013]** Des Weiteren bevorzugt sind die Kühleinrichtungen als in Reihe oder parallel geschaltete Wärme-

tauscher ausgeführt und über einen gemeinsamen Kühlmittleinlass und einen gemeinsamen Kühlmittelauslass an einen Kühlmittelkreislauf angeschlossen. Die Anzahl der Kühlmittelanschlüsse kann somit auf zwei reduziert werden. Sofern jede Kühleinrichtung eine eigene Untereinheit ausbildet und/oder ein eigenes Gehäuse aufweist, können diese über Kühlmittelschnittstellen verbunden sein. Mit Hilfe zwischenliegender Dichtelemente, insbesondere in Form von Dichtringen, kann die Dichtheit der Kühlmittelschnittstellen sichergestellt werden. Alternativ kann das Kühlmittel über einen Verbindungsschlauch von Untereinheit zu Untereinheit bzw. von Gehäuse zu Gehäuse geführt werden.

**[0014]** Bei den als Wärmetauschern ausgebildeten Kühleinrichtungen kann es sich beispielsweise um Plattenwärmetauscher handeln. Diese können zu einer besonders kompakten baulichen Einheit zusammengefasst werden.

**[0015]** Die in den Kathodenpfad integrierte Kühleinrichtung ist vorzugsweise stromabwärts eines Luftverdichters angeordnet. Mit Hilfe der in den Kathodenpfad integrierten Kühleinrichtung kann somit die zuvor verdichtete heiße Luft abgekühlt werden.

**[0016]** Die in den Anodenpfad integrierte Kühleinrichtung ist bevorzugt stromaufwärts einer Saugstrahlpumpe angeordnet. Über die Saugstrahlpumpe wird aus dem Brennstoffzellenstapel austretendes Anodenabgas, das noch einen Rest Wasserstoff enthält, über einen Rezirkulationspfad zurück in den Anodenpfad gesaugt. Der im Anodenabgas enthaltene Wasserstoff kann somit noch verstromt werden. Stromaufwärts der Saugstrahlpumpe befindet sich somit nur frischer Wasserstoff, der einem Tank entnommen wurde. Da sich - abhängig von den aktuellen Bedingungen, insbesondere von den Umgebungstemperaturen - Wasserstoff sehr stark erwärmen kann, kann mit Hilfe der stromaufwärts der Saugstrahlpumpe angeordneten Kühleinrichtung eine Abkühlung erzielt werden, welche die Saugstrahlpumpe sowie alle nachfolgenden Komponenten im Anodenpfad vor einer zu hohen thermischen Belastung schützt. Bei Bedarf, beispielsweise bei einem Kaltstart, kann die Kühleinrichtung auch zum Vorwärmen von Wasserstoff und/oder Luft eingesetzt werden. Vorteilhafterweise ist die in den Anodenpfad integrierte Kühleinrichtung stromaufwärts eines Wasserstoffdosierventils angeordnet, mit dessen Hilfe der dem Tank entnommene frische Wasserstoff stromaufwärts der Saugstrahlpumpe in den Anodenpfad eindosiert wird. Auf diese Weise kann zugleich die thermische Belastung des Wasserstoffdosierventils herabgesetzt werden.

**[0017]** Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind die Kühleinrichtungen über mindestens einen gemeinsamen Träger verbunden. Die

bauliche Einheit kann auf diese Weise besonders einfach realisiert werden. Der mindestens eine Träger kann beispielsweise profil- oder plattenförmig ausgebildet und/oder Teil eines den Brennstoffzellenstapel aufnehmenden Gestells sein. Das heißt, dass bereits vorhandene Teile als Träger genutzt werden können, um die Teilezahl und den Bauraumbedarf weiterhin gering zu halten.

**[0018]** Eine kompakte Bauweise bzw. ein geringer Bauraumbedarf erweisen sich insbesondere in mobilen Anwendungen als Vorteil. Daher wird ferner ein Fahrzeug mit einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem vorgeschlagen.

**[0019]** Darüber hinaus wird ein Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems vorgeschlagen, das einen Brennstoffzellenstapel mit einer Anode und einer Kathode umfasst. Bei dem Verfahren werden die Anode über einen Anodenpfad mit Wasserstoff und die Kathode über einen Kathodenpfad mit Sauerstoff versorgt. Erfindungsgemäß werden die über den Anodenpfad und den Kathodenpfad geführten Gase mit Hilfe von Kühleinrichtungen gekühlt, die eine bauliche Einheit ausbilden und als in Reihe oder parallel geschaltete Wärmetauscher ausgeführt sind.

**[0020]** Mit Hilfe des vorgeschlagenen Verfahrens kann ein gemeinsamer Kühlmittelkreislauf zum Kühlen der als Sauerstofflieferant dienenden Luft und des Wasserstoffs genutzt werden. Dadurch, dass die Wärmetauscher in Reihe oder parallelgeschaltet sind, müssen jeweils nur ein Kühlmittleinlass und ein Kühlmittelauslass vorgesehen werden. Ferner können durch die räumliche Nähe der Wärmetauscher Leitungslängen eingespart werden.

**[0021]** Als Kühlmittel kann beispielsweise ein Gemisch aus Glykol und deionisiertem Wasser verwendet werden.

**[0022]** Die Erfindung und ihre Vorteile werden nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Diese zeigen:

**Fig. 1** eine schematische Darstellung eines ersten erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems,

**Fig. 2** eine schematische Darstellung eines zweiten erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems,

**Fig. 3** eine schematische Darstellung eines dritten erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems,

**Fig. 4** eine schematische Darstellung eines vierten erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems und

**Fig. 5** eine schematische Darstellung eines fünften erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems.

#### Ausführliche Beschreibung der Zeichnungen

**[0023]** Das in der **Fig. 1** dargestellte Brennstoffzellensystem 1 umfasst einen Brennstoffzellenstapel 2, der kathodenseitig über einen Kathodenpfad 4 mit Luft und anodenseitig über einen Anodenpfad 3 mit Wasserstoff versorgbar ist. Die Luft wird der Umgebung entnommen und mit Hilfe eines im Kathodenpfad 4 angeordneten Luftverdichters 12 verdichtet. Der Luftverdichter 12 ist vorliegend elektromotorisch antreibbar, unterstützt von einer Turbine 16, die in einem Kathodenabgaspfad 17 angeordnet ist. Mit Hilfe der Turbine 16 kann ein Teil der eingesetzten Energie zurückgewonnen und als Antriebsenergie genutzt werden. Der Wasserstoff wird in einem Tank (nicht dargestellt) bevorratet und mit Anodenabgas gemischt, das aus dem Brennstoffzellenstapel 2 austritt und über einen Rezirkulationspfad 18 zurück in den Anodenpfad 3 geleitet wird. Die passive Rezirkulation wird vorliegend durch eine im Anodenpfad 3 angeordnete Saugstrahlpumpe 13 unterstützt. Da das Anodenabgas auch Wasser enthält, ist im Rezirkulationspfad 18 ein Wasserabscheider 19 angeordnet, der dem Anodenabgas das Wasser entzieht. Das sich im Wasserabscheider 19 sammelnde Wasser kann über ein Drain-Ventil 20 ausgeleitet werden. Ferner ist ein Purge-Ventil 21 vorgesehen, um den Anodenbereich mit frischem Wasserstoff zu spülen. Hierzu muss ferner ein stromaufwärts der Saugstrahlpumpe 13 im Anodenpfad 3 angeordnetes Wasserstoffdosierventil 14 geöffnet werden.

**[0024]** Das in der **Fig. 1** dargestellte Brennstoffzellensystem 1 umfasst ferner zwei Kühleinrichtungen 5, 6, die jeweils in einem eigenen Gehäuse 7, 8 aufgenommen sind. Diese sind zu einer kompakten baulichen Einheit verbunden. Die Kühleinrichtungen 5, 6 sind als parallel geschaltete Wärmetauscher ausgeführt und an einen gemeinsamen Kühlmittelkreislauf angeschlossen. Das Gehäuse 7 weist hierzu einen Kühlmittleinlass 10 und einen Kühlmittelauslass 11 auf. Über gehäusesseitige Schnittstellen 22 mit zwischenliegenden Dichtringen 23 gelangt das Kühlmittel aus dem Gehäuse 7 in das Gehäuse 8 und wieder zurück.

**[0025]** Das in der **Fig. 2** dargestellte Brennstoffzellensystem 1 stellt eine Abwandlung des System der **Fig. 1** dar. Anstelle der Gehäuse 7 und 8 sein beide Kühleinrichtungen 5, 6 in einem gemeinsamen Gehäuse 9 aufgenommen. Damit entfallen ein Gehäuse sowie die gehäuseseitigen Schnittstellen 22 mit den Dichtringen 23. Die Teilezahl kann somit weiter reduziert werden, zugleich verringert sich das Risiko einer Undichtigkeit.

**[0026]** Der **Fig. 3** ist ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem 1 zu entnehmen, bei dem die Kühleinrichtungen 5, 6 in Reihe geschaltet sind. Jede Kühleinrichtung 5, 6 weist wiederum ein eigenes Gehäuse 7, 8 auf. Der Kühlmittleinlass 10 ist im Gehäuse 7 ausgebildet, der Kühlmittelauslass 11 im Gehäuse 8. Um die beiden Gehäuse 7, 8 fluidisch zu verbinden ist ein kurzer Verbindungsschlauch 24 vorgesehen. Die Gehäuse 7, 8 der in Reihe geschalteten Kühleinrichtungen 5, 6 sind auf einem gemeinsamen Träger 15 angeordnet, der vorliegend plattenförmig ausgebildet ist. Der Träger 15 ist verzichtbar, wenn die Gehäuse 7, 8 unmittelbar miteinander verbunden, beispielsweise verschraubt werden. Diese Ausführungsform ist in der **Fig. 4** beispielhaft dargestellt.

**[0027]** Alternativ zu den Ausführungsformen der **Fig. 3** und der **Fig. 4** können die in Reihe geschalteten Kühleinrichtungen 5, 6 auch in einem gemeinsamen Gehäuse 9 angeordnet werden (nicht dargestellt).

**[0028]** Der **Fig. 5** ist ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem 1 mit in Reihe geschalteten Kühleinrichtungen 5, 6 zu entnehmen, die über gemeinsame Träger 15 verbunden und an einer Tragstruktur 25, insbesondere Gestell, eines Brennstoffzellenstapels 2 befestigt sind.

#### Patentansprüche

1. Brennstoffzellensystem (1), umfassend einen Brennstoffzellenstapel (2) mit einer Anode, die über einen Anodenpfad (3) mit Wasserstoff versorgbar ist, und einer Kathode, die über einen Kathodenpfad (4) mit Sauerstoff versorgbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine in den Anodenpfad (3) integrierte Kühleinrichtung (5) und eine in den Kathodenpfad (4) integrierte Kühleinrichtung (6) eine bauliche Einheit ausbilden.
2. Brennstoffzellensystem (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kühleinrichtungen (5, 6) jeweils eine Untereinheit ausbilden und die Untereinheiten fest miteinander verbunden sind.
3. Brennstoffzellensystem (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kühleinrichtungen (5, 6) jeweils ein Gehäuse (7, 8) oder ein gemeinsames Gehäuse (9) aufweisen.
4. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kühleinrichtungen (5, 6) als in Reihe oder parallel geschaltete Wärmetauscher ausgeführt sind und über einen gemeinsamen Kühlmittleinlass (10) und einen gemeinsamen Kühlmittelauslass (11) an einen Kühlmittelkreislauf angeschlossen sind.

5. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die in den Kathodenpfad (4) integrierte Kühleinrichtung (6) stromabwärts eines Luftverdichters (12) angeordnet ist.

6. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die in den Anodenpfad (3) integrierte Kühleinrichtung (5) stromaufwärts einer Saugstrahlpumpe (13), vorzugsweise stromaufwärts eines Wasserstoffdosierventils (14), angeordnet ist.

7. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kühleinrichtungen (5, 6) über mindestens einen gemeinsamen Träger (15) verbunden sind, der beispielsweise profil- oder plattenförmig ausgebildet und/oder Teil eines den Brennstoffzellenstapel (2) aufnehmenden Gestells ist.

8. Fahrzeug mit einem Brennstoffzellensystem (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

9. Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems (1), umfassend einen Brennstoffzellenstapel (2) mit einer Anode und einer Kathode, bei dem die Anode über einen Anodenpfad (3) mit Wasserstoff und die Kathode über einen Kathodenpfad (4) mit Sauerstoff versorgt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die über den Anodenpfad (3) und den Kathodenpfad (4) geführten Gase mit Hilfe von Kühleinrichtungen (5, 6) gekühlt werden, die eine bauliche Einheit ausbilden und als in Reihe oder parallel geschaltete Wärmetauscher ausgeführt sind.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Fig. 1

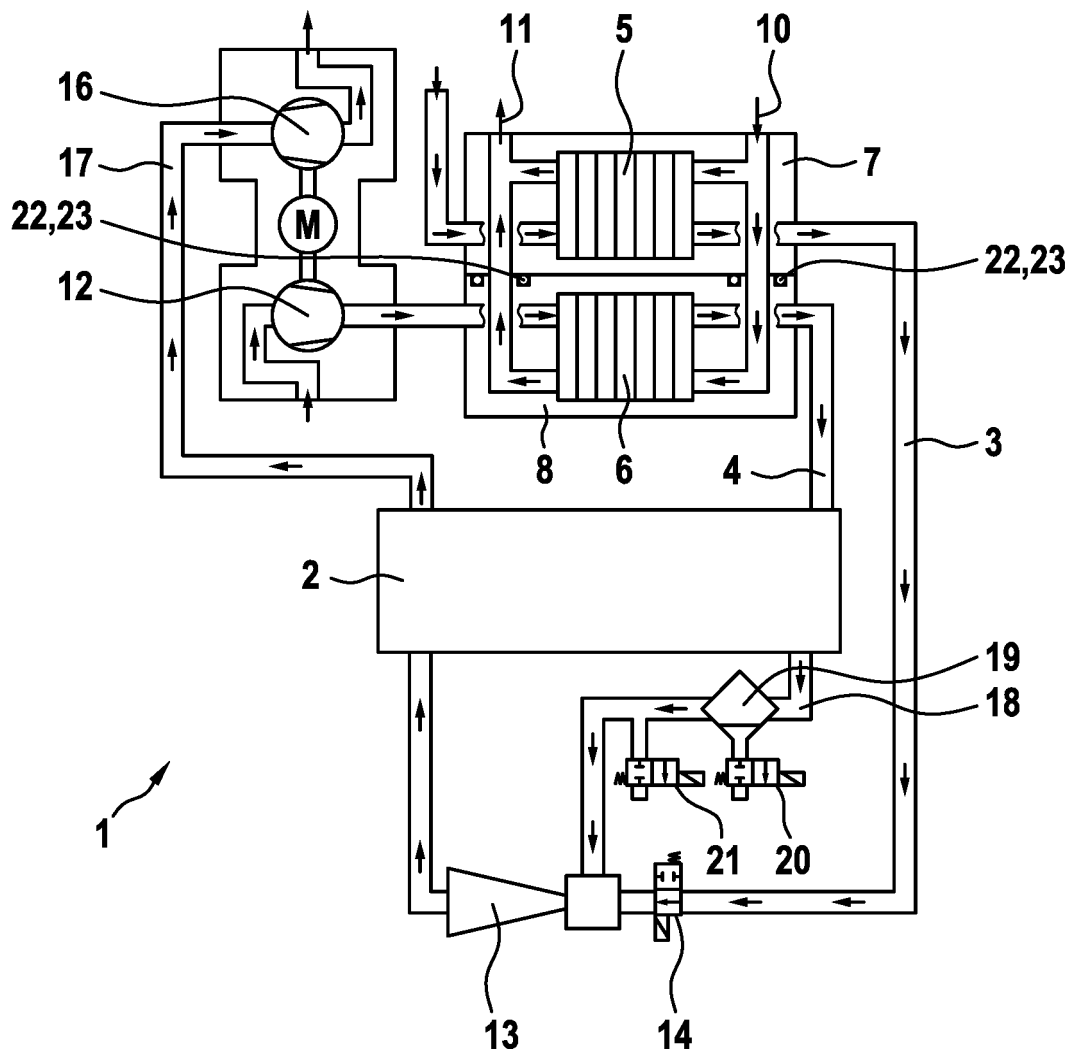


Fig. 2

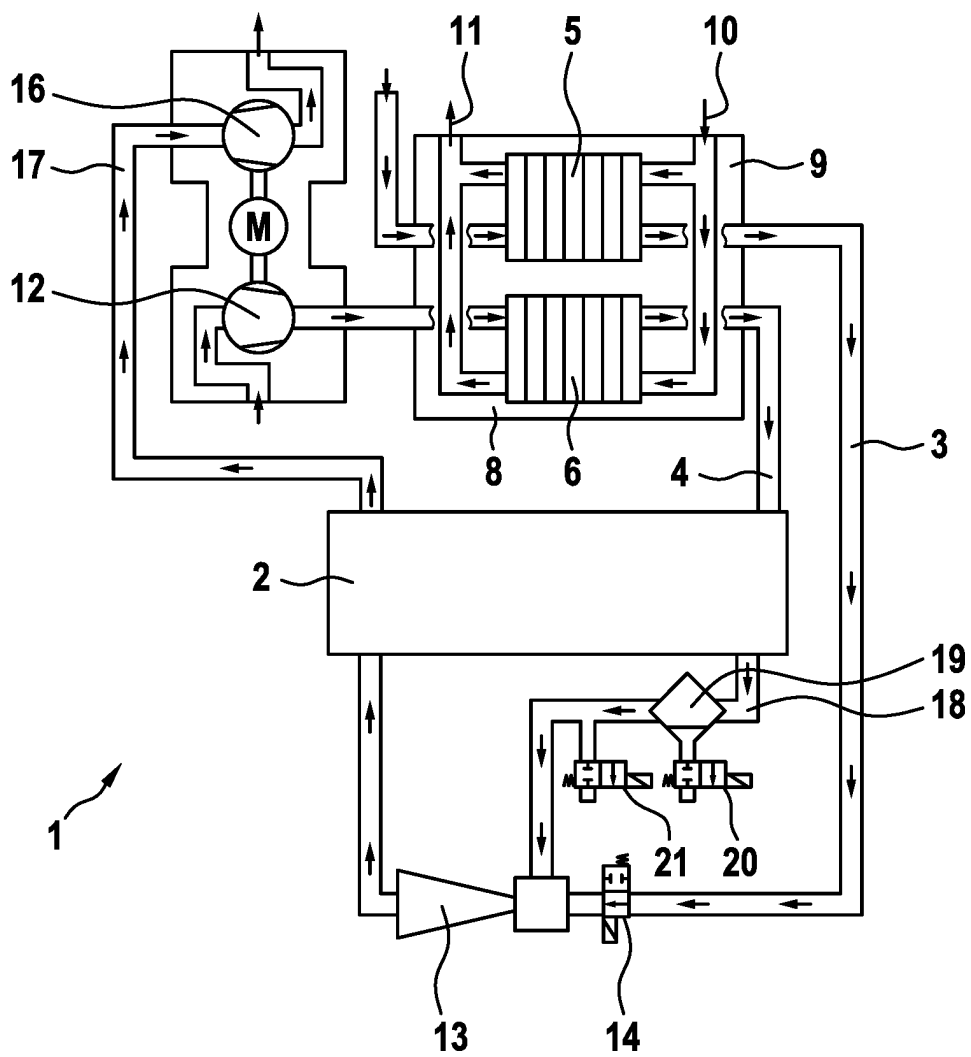


Fig. 3

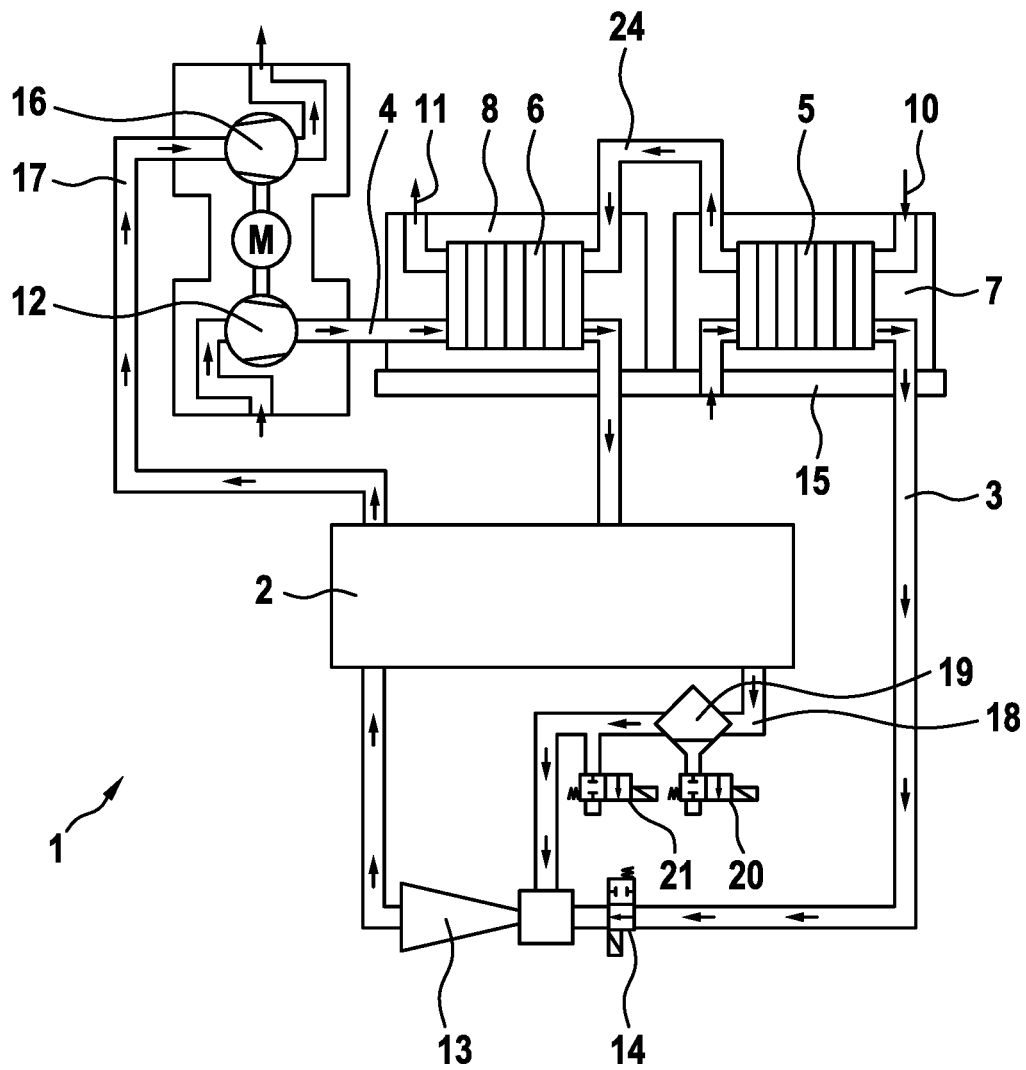




Fig. 4

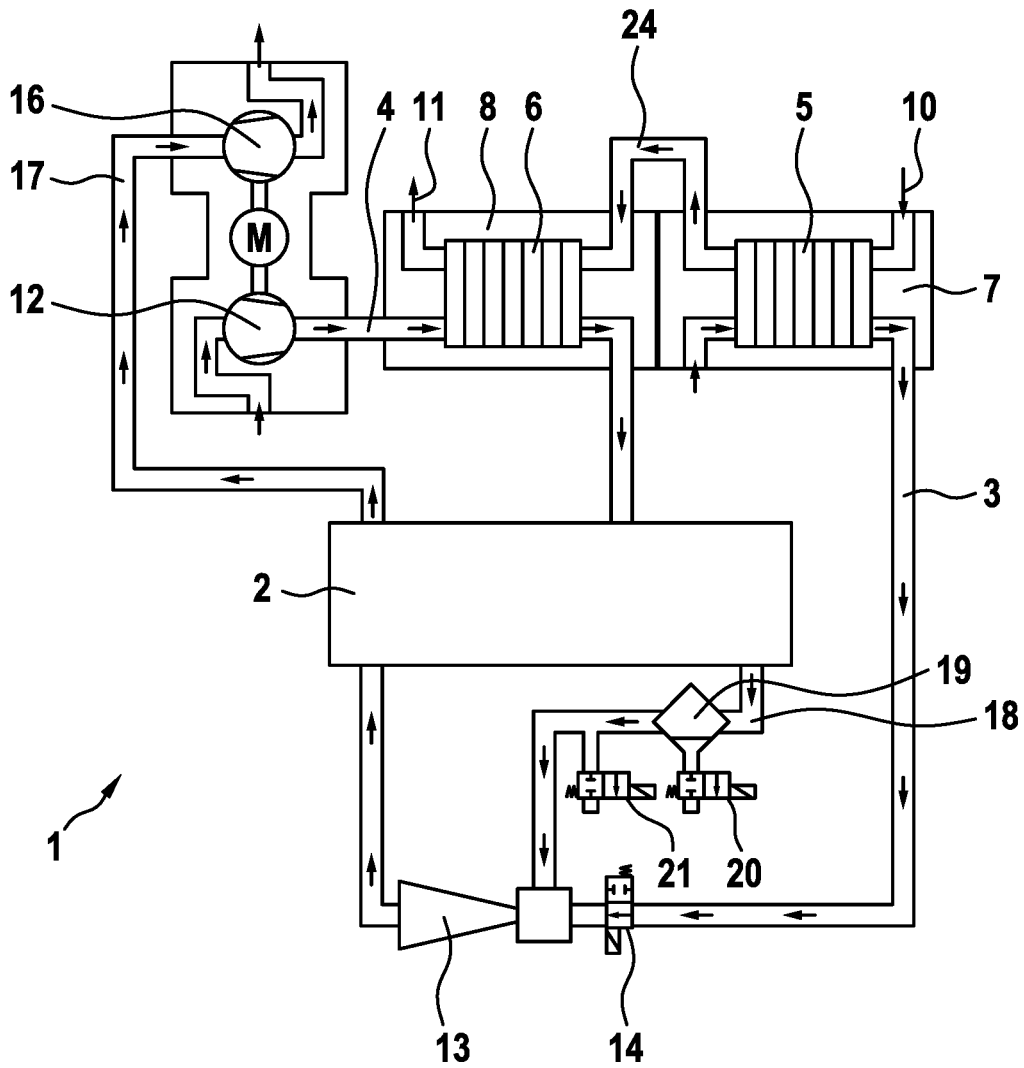


Fig. 5

