



(10) **DE 10 2013 209 045 B4** 2022.10.27

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 209 045.5**  
(22) Anmeldetag: **15.05.2013**  
(43) Offenlegungstag: **20.11.2014**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **27.10.2022**

(51) Int Cl.: **F01P 3/20 (2006.01)**  
**F01P 11/20 (2006.01)**  
**B60K 11/02 (2006.01)**  
**B60K 6/20 (2007.10)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft,  
80809 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Friedrich, Thomas, 82237 Wörthsee, DE; Schub,  
Stefan, 94353 Haibach, DE**

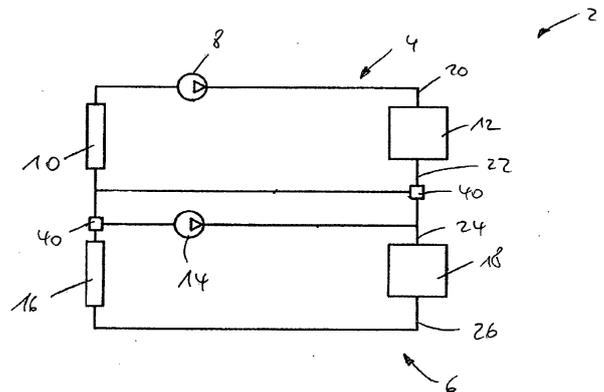
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	41 04 093	A1
DE	10 2004 024 289	A1
DE	10 2005 029 918	A1
DE	10 2008 036 277	A1
DE	10 2009 042 774	A1
DE	10 2010 060 230	A1
DE	10 2011 052 754	A1
DE	10 2011 109 703	A1
DE	10 2011 118 898	A1
DE	10 2012 217 101	A1
EP	1 689 987	B1
EP	1 637 709	A2

(54) Bezeichnung: **Kühlsystem für ein Hybridfahrzeug sowie Verfahren zum Betrieb eines derartigen Kühlsystems**

(57) Hauptanspruch: Kühlsystem (2) für ein Hybridfahrzeug umfassend einen Niedertemperatur-Kühlkreislauf (4) mit einer Niedertemperatur-Wärmequelle (12), mit einem Niedertemperatur-Kühler (10) und mit einer Niedertemperatur-Pumpe (8) und umfassend einen unabhängig davon betreibbaren Hochtemperatur-Kühlkreislauf (6) mit einer Hochtemperatur-Wärmequelle (18), mit einem Hochtemperatur-Kühler (16) und mit einer Hochtemperatur-Pumpe (14), wobei

- der Niedertemperatur-Kühlkreislauf (4) und der Hochtemperatur-Kühlkreislauf (6) zum Zwecke eines Wärmeaustausches bedarfsweise koppelbar sind,
- die Koppelung von Niedertemperatur-Kühlkreislauf (4) und Hochtemperatur-Kühlkreislauf (6) hydraulisch erfolgt,
- der Niedertemperatur-Kühlkreislauf (4) für einen ersten Maximaldruck ausgelegt ist,
- der Hochtemperatur-Kühlkreislauf (6) für einen zweiten, höheren Maximaldruck ausgelegt ist und
- die Steuerung derart erfolgt, dass die beiden Kühlkreisläufe (4,6) dann entkoppelt werden, wenn der Betriebsdruck den ersten Maximaldruck überschreitet.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Kühlsystem für ein Hybridfahrzeug umfassend einen Niedertemperatur-Kühlkreislauf mit einer Niedertemperatur-Wärmequelle, mit einem Niedertemperatur-Kühler und mit einer Niedertemperatur-Pumpe und umfassend einen unabhängig davon betreibbaren Hochtemperatur-Kühlkreislauf mit einer Hochtemperatur-Wärmequelle, mit einem Hochtemperatur-Kühler und mit einer Hochtemperatur-Pumpe. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Betrieb eines derartigen Kühlsystems.

**[0002]** Hybridfahrzeuge sind mit zwei Antriebssystemen für den Fahrantrieb ausgestattet, nämlich typischerweise mit einem Verbrennungsmotor und mit einem Elektromotor. Die beiden Antriebssysteme unterscheiden sich unter anderem hinsichtlich ihrer Abwärmecharakteristik. Zur Kühlung des Verbrennungsmotors ist ein Hochtemperatur-Kühlkreislauf ausgebildet, der im Betrieb typischerweise bei Temperaturen im Bereich von 90°C bis 125°C betrieben wird. Zur Kühlung des elektrischen Antriebssystems mit dem Elektromotor ist ein Niedertemperatur-Kühlkreislauf ausgebildet, der im Betrieb typischerweise bei Temperaturen im Bereich von 55°C bis 85°C betrieben wird. Die Betriebsdrücke in den beiden Kühlsystemen im Normalbetrieb unterscheiden sich. So weist der Hochtemperatur-Kühlkreislauf im Normalbetrieb, also im warmen Zustand, typischerweise einen Überdruck von etwa 2 bis 3 bar auf, wohingegen der Niedertemperatur-Kühlkreislauf lediglich einen Überdruck von beispielsweise wenigen 100 mbar aufweist.

**[0003]** Da beide Kühlkreisläufe für eine maximale Belastung des jeweiligen Antriebssystems ausgebildet sind, ist das Gesamt-Kühlsystem bestehend aus den beiden Kühlkreisläufen für die meisten Betriebszustände überdimensioniert. Aus der zum Anmeldezeitpunkt unveröffentlichten DE 10 2012 217 101 A1 ist daher ein gemeinsamer Kühlkreis für beide Antriebssysteme vorgeschlagen. Aufgrund des gemeinsamen Kühlkreises können die Komponenten des Niedertemperatur-Teilbereichs für den höheren Betriebsdruck des Hochtemperatur-Teilbereichs ausgebildet sein.

**[0004]** Davon unabhängig ist es ganz allgemein als bekannt anzusehen, in einem Kraftfahrzeug mehr als einen Kühlkreislauf zu verbauen, so wie dies zum Beispiel aus der DE 10 2008 036 277 A1 zu entnehmen ist. Zudem ist es bekannt, Kühlkreisläufe bei Bedarf zu koppeln. Die Koppelung kann dabei als eine rein thermische Kopplung ausgebildet und mittels Wärmetauscher realisiert sein. Eine solche Kopplung ist beispielsweise in der DE 10 2010 060 230 A1 beschrieben. Alternativ kann die Kopplung als hydraulische Kopplung aus-

gebildet sein, bei der ein Austausch von Kühlmittel erfolgt. Eine derartige Kopplung ist zum Beispiel aus der DE 10 2011 118 898 A1 und der EP 1 689 987 B1 zu entnehmen.

**[0005]** Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Kühlsystem für ein Hybridfahrzeug anzugeben.

**[0006]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Kühlsystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 10. Bevorzugte Weiterbildungen sind in den rückbezogenen Ansprüchen enthalten.

**[0007]** Das Kühlsystem umfasst einen Niedertemperatur-Kühlkreislauf mit einer Niedertemperatur-Wärmequelle, mit einem Niedertemperatur-Kühler und mit einer Niedertemperatur-Pumpe. Zudem weist das Kühlsystem einen unabhängig vom Niedertemperatur-Kühlkreislauf betreibbaren Hochtemperatur-Kühlkreislauf mit einer Hochtemperatur-Wärmequelle, mit einem Hochtemperatur-Kühler und mit einer Hochtemperatur-Pumpe auf, wobei der Niedertemperatur-Kühlkreislauf und der Hochtemperatur-Kühlkreislauf zum Zwecke eines Wärmeaustausches koppelbar sind. Es ist daher zumindest ein Betriebsmodus vorgesehen, bei dem die beiden Kühlkreise miteinander gekoppelt sind. Bei den Wärmequellen handelt es sich um die in den einzelnen Antriebssystemen zu kühlenden Komponenten. Im Hochtemperatur-Kühlkreislauf ist dies insbesondere der Verbrennungsmotor und im Niedertemperatur-Kühlkreislauf ist dies beispielsweise eine Leistungselektronik, der elektrische Antriebsmotor oder auch ein Hochleistungsakkumulator. Die Kühler dienen als Wärme-senke und sind insbesondere als Umgebungswärmetauscher ausgebildet, über die Wärme an die Umgebung abgegeben werden kann. Beide Kühlkreisläufe, also der Niedertemperatur-Kühlkreislauf einerseits und der Hochtemperatur-Kühlkreislauf andererseits, sind dabei für ein wasserbasiertes Kühlmittel, beispielsweise ein Wasser-Glykol-Gemisch, ausgelegt.

**[0008]** Ein wesentlicher Aspekt ist daher in der getrennten Ausbildung zweier autarker Kühlkreise zu sehen, die jedoch miteinander koppelbar sind. Die Koppelung ist somit also nicht permanent gegeben, sondern wird bei Bedarf, also unter bestimmten Bedingungen, vorgenommen oder aber wieder aufgehoben. Dadurch kann die Gesamtkühlleistung niedriger als bei zwei komplett getrennten Kühlkreisen ausgelegt sein, was zu Kosteneinsparungen führt. So wird nämlich bei Bedarf durch eine Koppelung die zusätzliche Kühlleistung des Kühlers des anderen Kühlkreises zugeschaltet. Dies ist beispielsweise im rein elektrischen Betrieb von besonderem Vorteil, da dann die vergleichsweise hohe Kühlleistung

tung des Hochtemperatur- Kühlkreises zur Verfügung steht und ein dem Kühler des Niedertemperatur-Kühlkreises vorgeschalteter Lüfter oder Ventilator nicht oder erst später zugeschaltet werden braucht. Dadurch wird der elektrische Energieverbrauch gering gehalten und damit die Reichweite des rein elektrischen Fahrbetriebs erhöht.

**[0009]** Durch die Zuschaltung des jeweils anderen Kühlkreislaufs ist allgemein auch eine sogenannte passive, sensitive Wärmespeicherkapazität des gerade aktiven Kühlkreislaufes erhöht, da das Wärmespeichervermögen des Kühlmittels des anderen Kühlkreislaufs zur Verfügung steht. Dadurch ist insbesondere das thermische Aufnahmevermögen für kurzzeitige Wärmezufuhrpeaks erhöht, die auch über der maximalen stationären Kühlleistung liegen können.

**[0010]** Gleichzeitig bleiben die beiden Kühlkreise eigenständig und autark, so dass sie im entkoppelten Zustand unabhängig voneinander betreibbar sind. Dies erlaubt insbesondere, dass der Niedertemperatur-Kreislauf auch lediglich für die geringeren Betriebsdrücke ausgebildet zu sein braucht, was den Geräteaufwand gering hält.

**[0011]** Insgesamt ist dadurch ein sehr flexibles und effektives Kühlsystem für Hybridfahrzeuge ausgebildet, welches sich insbesondere auch für verschiedene Hybrid-Antriebstopologien oder Fahrzeugbetriebsstrategien eignet, beispielsweise serielle oder parallele Hybridantriebe.

**[0012]** Die beiden Kühlkreisläufe sind daher vorzugsweise für unterschiedliche Betriebsdrücke ausgebildet. Der Niedertemperatur-Kühlkreislauf ist dabei für einen ersten, geringen Druckbereich, vorzugsweise für lediglich wenige 100mbar Überdruck, und der Hochtemperatur-Kühlkreislauf für einen zweiten, höheren Druckbereich, vorzugsweise für etwa 2 bis 3bar Überdruck ausgelegt. Zudem sind bevorzugt auch unterschiedliche Kühlmittel-Betriebstemperaturen vorgesehen, bei denen die beiden Kühlkreisläufe typischerweise im Normalbetrieb betrieben werden. So ist der Niedertemperatur-Kühlkreislauf beispielsweise für eine Kühlmittel-Betriebstemperatur zwischen 50° C und 85° C sowie einem Betriebsdruck von etwa 1,5 barü ausgelegt, während der Hochtemperatur-Kühlkreislauf für eine Kühlmittel-Betriebstemperatur zwischen 90° C und 125° C sowie einen Betriebsdruck bis etwa 3 barü ausgelegt ist. Für die beiden Kühlkreisläufe werden bevorzugt Komponenten eingesetzt, wie sie bei permanent getrennten Kühlkreisläufen genutzt werden.

**[0013]** Die Steuerung des Kühlsystems, insbesondere das Koppeln und Entkoppeln der beiden Kreisläufe, erfolgt bevorzugt mit Hilfe eines Steuerele-

ments in Abhängigkeit der aktuellen Betriebsbedingungen. Das Steuerelement ist dabei vorzugsweise ein Steuergerät, das in Zusammenwirken mit einem von ihm aktiv gesteuerten Steuer- oder Regelventil die Koppelung zwischen den Kreisläufen steuert oder regelt. Gemäß einer bevorzugten Alternative ist das Steuerelement insbesondere als ein rein passives Steuerelement ausgebildet, beispielsweise als ein Thermostat.

**[0014]** Zweckdienlicherweise erfolgt die Kopplung zwischen einem heißen Rücklauf des Niedertemperatur-Kühlkreises und einem kalten Vorlauf des Hochtemperatur-Kühlkreises. Unter Vorlauf wird jeweils - in Strömungsrichtung des Kühlmittels betrachtet - der Teilbereich zwischen Kühler und Wärmequelle und unter Rücklauf der Teilbereich zwischen Wärmequelle und Kühler verstanden. Hierbei wird davon ausgegangen, dass die Kühlmitteltemperatur im Rücklauf der Niedertemperatur-Wärmequelle unter typischen Betriebsbedingungen niedriger ist, als die Kühlmitteltemperatur im Vorlauf der Hochtemperatur-Wärmequelle beim getrennten Betrieb der beiden Kühlkreisläufe.

**[0015]** Prinzipiell könnte die Koppelung von Niedertemperatur-Kühlkreislauf und Hochtemperatur-Kühlkreislauf mittels eines Wärmetauschers und insbesondere mittels eines Plattenwärmetauschers oder eines Gegenstromwärmetauschers erfolgen. Eine solche nachfolgend als thermische Koppelung bezeichnete Kopplung würde unter anderem den Vorteil bieten, dass in den beiden Kühlkreisläufen unterschiedliche Kühlmittel eingesetzt werden können. Die beiden Kühlkreisläufe wären daher auch im thermisch gekoppelten Zustand hydraulisch getrennt, so dass für den Niedertemperatur-Kreislauf problemlos Komponenten einsetzbar wären, die lediglich für geringere Betriebsdrücke ausgelegt sind.

**[0016]** In vorteilhafter Weiterbildung könnte in zumindest einem der beiden Kühlkreisläufe eine zusätzliche Bypassleitung für das im entsprechenden Kühlkreislauf eingesetzte Kühlmittel derart angeordnet werden, dass im Bedarfsfall zumindest ein Teilmassenstrom des Kühlmittels zur Umgehung des in dem entsprechenden Kühlkreislauf angeordneten Wärmetauschers umgeleitet werden kann.

**[0017]** Erfindungsgemäß wird jedoch eine hydraulische Koppelung vorgenommen. Bei dieser hydraulischen oder strömungstechnischen Koppelung erfolgt ein Austausch von Kühlflüssigkeit zwischen den beiden Kühlkreisläufen, wobei typischerweise Kühlflüssigkeit vom Niedertemperatur-Kühlkreislauf über eine erste Schnittstelle in den Hochtemperatur-Kühlkreislauf eingeleitet wird, während gleichzeitig Kühlflüssigkeit aus dem Hochtemperatur-Kühlkreislauf über eine zweite, räumlich von der ersten getrennte

Schnittstelle in den Niedertemperatur-Kühlkreislauf eingeleitet wird. Die Stärke der hydraulischen Koppelung ist dabei bevorzugt steuerbar und die beiden Schnittstellen umfassen dementsprechend bevorzugt steuerbare Ventile, mit denen die Teilmassenströme des Kühlmittels, die den Austausch von Kühlmittel zwischen den beiden Kühlkreisläufen bewirken, regelbar sind.

**[0018]** Die zwei steuerbaren Ventile sind dabei vorzugsweise derart abgeordnet, dass zumindest in einem Betriebsmodus die beiden Wärmequellen einerseits und die beiden Kühler andererseits jeweils in Reihe geschaltet sind. In diesem Betriebsmodus arbeitet das Kühlsystem nach dem Prinzip eines integrierten Kühlkreislaufes, also eines gemeinsamen Kühlkreislaufes für die beiden Wärmequellen. Das Kühlmittel wird dann bevorzugt von nur einer Pumpe, also entweder der Pumpe des Niedertemperatur-Kühlkreislaufs oder aber der Pumpe des Hochtemperatur-Kühlkreislaufs, umgewälzt, wobei das Kühlmittel zunächst durch die Niedertemperatur-Wärmequelle geführt ist, nachfolgend die Hochtemperatur-Wärmequelle passiert, anschließend durch den Hochtemperatur-Kühler strömt und schließlich durch den Niedertemperatur-Kühler zurück zur Pumpe geführt ist. Somit sind die Wärmequellen der beiden Kühlkreisläufe einerseits und die Kühler andererseits jeweils seriell geschaltet. Insbesondere wenn nur eine Wärmequelle des Hybridfahrzeuges in Betrieb ist und dementsprechend Abwärme in den Kühlkreislauf einspeist, ist die Kühlleistung durch die serielle Schaltung der beiden Kühler der beiden Kühlkreisläufe erhöht, da in diesem Fall zwei Kühler genutzt werden, um die Abwärme einer Wärmequelle beispielsweise an die Umgebung abzugeben. Diese erhöhte Kühlleistung lässt sich durch Entkopplung der beiden Kühlkreisläufe bei Bedarf wieder reduzieren, beispielsweise wenn aufgrund einer zu hohen Kühlleistung die Kühlmitteltemperatur unter eine vorgegebene Mindesttemperatur abzusinken droht.

**[0019]** Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung weist der Hochtemperatur-Kühlkreislauf einen Zusatzheizer und insbesondere einen elektrischen Durchlauferhitzer auf, mittels dessen das Kühlmittel im Hochtemperatur-Kühlkreislauf bei Bedarf erwärmt wird. Zusätzlich kann dadurch Wärme zur Erwärmung des Fahrgastinnenraums bereitgestellt werden.

**[0020]** Zweckdienlicherweise weist das Kühlsystem darüber hinaus im Hochtemperatur-Kühlkreislauf einen zusätzlichen Wärmetauscher auf, welcher insbesondere als Luft-Kühlmittelwärmetauscher ausgebildet ist und zum Beispiel zur Beheizung des Fahrgastraums des Hybridfahrzeuges nutzbar ist.

**[0021]** In bevorzugter Weiterbildung ist der Niedertemperatur-Kühlkreislauf mit einem internen Kühlkreislauf eines Elektrospeichers koppelbar, insbesondere eines Lithium-Ionen-Speichers. Derartige Hochleistungs-Elektrospeicher (Akkumulatoren), die die elektrische Energie vorwiegend für den elektrischen Fahrbetrieb zur Verfügung stellen, weisen üblicherweise einen eigenen internen Kühlkreislauf auf. Durch eine entsprechende Koppelung wird je nach Betriebszustand und Anforderung entweder die Kühlleistung des Kühlsystems zur Kühlung des Elektrospeichers zur Verfügung gestellt bzw. der Elektrospeicher wird als Wärmequelle genutzt, um beispielsweise das Kühlmittel im Hochtemperatur-Kühlkreislauf vorzuwärmen. Der zuvor erwähnte Zusatzheizer wird dementsprechend bevorzugt nur dann eingesetzt, wenn keine der übrigen potentiellen Wärmequellen, also weder die Niedertemperatur-Wärmequelle noch die Hochtemperatur-Wärmequelle noch der Elektrospeicher ausreichend Wärme pro Zeiteinheit zur Verfügung stellen. Ziel ist es dabei stets, das Kühlsystem möglichst effektiv zu betreiben, dabei vorhandene Wärmequellen und Wärmesenken unter möglichst geringem Einsatz von elektrischer Energie zu nutzen, um hierdurch die Reichweite des Hybridfahrzeuges im elektrischen Betrieb möglichst durch die notwendige Kühlung nicht zu reduzieren. Wenn also ohnehin Abwärme am Elektrospeicher zur Verfügung steht, so wird diese genutzt und nicht an die Umgebung abgegeben, so dass hierdurch die Aufwendung elektrischer Energie zur Betreibung des Zusatzheizers vermieden wird.

**[0022]** Zur Einsparung von elektrischer Energie wird daher vorzugsweise ein dem jeweiligen Kühler oder beiden Kühlern zugeordneter Lüfter insbesondere im elektrischen Fahrbetrieb nur dann zugeschaltet, wenn die durch die Kopplung der Kühlkreisläufe erzielte Erhöhung der Kühlleistung nicht mehr ausreichend ist. Das heißt, dass zunächst versucht wird, durch Koppelung der beiden Kühlkreisläufe eine ausreichende Kühlung zu erreichen, bevor der Lüfter zugeschaltet wird.

**[0023]** Weiter ist erfindungsgemäß der Niedertemperatur-Kühlkreislauf für einen ersten Maximaldruck ausgelegt, der Hochtemperatur-Kühlkreislauf für einen zweiten, höheren Maximaldruck ausgelegt und die Steuerung erfolgt derart, dass die beiden Kühlkreisläufe dann entkoppelt werden, wenn der Betriebsdruck den ersten Maximaldruck überschreitet. Die Koppelung erfolgt somit nur in einem Überlappbereich, also in dem Druckbereich, für den beide Kühlkreisläufe ausgelegt sind. Für den Niedertemperatur-Kühlkreislauf können daher günstige Standard-Komponenten eingesetzt werden.

**[0024]** Um den Verbrennungsmotor zur Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen beim Start vorzuwärmen, ist

im elektrischen Fahrbetrieb beim Kaltstart vorzugsweise die Kopplung zwischen den beiden Kühlkreisläufen ausgebildet, d.h. die Kühlkreise sind üblicherweise miteinander gekoppelt. Insbesondere in den höherlastigen oder überwiegend verbrennungsmotorischen Betriebszuständen, die durch höhere zugehörige Dampfdrücke des Kühlmittels gekennzeichnet sind, werden die Kreise (wieder) hydraulisch getrennt.

**[0025]** Zusammenfassend erlaubt die Koppelbarkeit der beiden Kühlkreisläufe unterschiedliche vorteilhafte Betriebsmodi und bringt mehrere Vorteile mit sich:

Insbesondere für den rein elektrischen Fahrbetrieb ist der bereits erwähnte Betriebsmodus für den Kaltstart vorgesehen, bei dem die beiden Kühlkreisläufe miteinander gekoppelt sind. Hierdurch wird nach einem Fahrzeugkaltstart der umgebungskalte Verbrennungsmotor und ggf. das Motoren- und Getriebeöl bereits während des Stillstands des Verbrennungsmotors durch die Abwärme der Elektrokomponenten insbesondere auf bis zu ca. 50° bis 80° vorgewärmt. Dadurch reduziert sich im weiteren Fahrbetriebsverlauf bei einem späteren Start des Verbrennungsmotors deutlich der CO<sub>2</sub>-Ausstoß („Vermeidung von VM-Kaltstarts“). Auch werden bevorzugt notwendige Eigendiagnosen (z.B. OBD) am bereits vorgewärmten Verbrennungsmotor vorgenommen, ohne dass ein Motorstart des Verbrennungsmotors erforderlich ist (nach dem Stand der Technik ist stets ein Motorstart des Verbrennungsmotors notwendig).

**[0026]** Der Betriebsmodus mit den gekoppelten Kühlkreisläufen wird grundsätzlich auch im Teillastbetrieb und insbesondere im unterstützenden elektrischen oder im rein elektrischen Fahrbetrieb (Verbrennungskraftmaschine und ggf. das Motorölereservoir und ggf. das Getriebeölereservoir sind dann während des Betriebs des Elektromotors stets durchströmt) oder auch im verbrennungsmotorischen Fahrbetrieb eines Hybridfahrzeuges eingesetzt, so dass in diesem Fall stets alle Kühler durchströmt sind. Hierdurch minimiert sich in vorteilhafter Weise ein zeitlich gemittelter elektrischer Leistungsbedarf des Lüfters bzw. Kühlergebläses, wodurch der elektrische Energieverbrauch reduziert ist. Auch minimiert sich dadurch die Kühler-Austrittstemperatur, was für einen effizienten Wärmetausch von Vorteil ist. Weiterhin reduziert sich im gekoppelten Zustand im Vergleich zu einem nicht gekoppelten Zustand im zeitlichen Mittel der elektrische Leistungsbedarf der Pumpen/Förderpumpen. Insgesamt ergibt sich dadurch eine merkliche Reduzierung des elektrischen Energieverbrauchs.

**[0027]** Durch die Kopplung der Komponenten beider Kühlkreisläufe steht darüber hinaus eine erhöhte

passive Wärmespeicherkapazität durch das erhöhte Kühlmittelvolumen zur Verfügung. Insbesondere durch die thermische Kopplung der Komponenten beider Kühlkreise ist die passive, sensitive Wärmespeicherkapazität des aktiven Kühlkreises maximiert, wodurch das thermische Aufnahmevermögen für kurzzeitige Wärmezufuhrpeaks, die auch über der maximalen stationären Kühlleistung liegen können, maximiert ist. Hierdurch können kurzfristige Wärmezufuhrpeaks, die auch über der maximalen stationären Kühlleistung liegen können, aufgenommen werden.

**[0028]** Die beiden miteinander gekoppelten Kühlkreisläufe sind gemeinsam für den maximalen Abwärmebedarf aller Komponenten sowohl aus dem Hochtemperaturbereich als auch aus dem Niedertemperaturbereich ausgelegt. Dadurch sind beliebige betriebliche Teillastkombinationen möglich. Das Kühlsystem lässt sich daher für unterschiedlichste Hybrid-Antriebstopologien einsetzen. Insbesondere durch die Auslegung der verknüpften Kühlkreise für den maximalen Abwärmebedarf aller Komponenten aus allen Temperaturniveaus (NT, HT) sind beliebige betriebliche Teillastkombinationen möglich, wodurch die verknüpften Kühlkreise invariant gegenüber einem Wechsel der (Hybrid-) Antriebstopologie (Serieller, Paralleler, Kombierter Hybrid) oder der Fahrzeugbetriebsstrategie sein können.

**[0029]** Weiter können mittels der Umschaltventile die Kreisläufe insbesondere abhängig vom Betriebszustand eines Fahrzeugs insbesondere auch unter Verwendung existierender, nicht für höhere Betriebsdrücke geeigneter NT-Komponenten vorteilhaft wie ein integrierter Kreislauf betrieben werden. Insbesondere in den höherlastigen oder überwiegend verbrennungsmotorischen Betriebszuständen, die durch höhere zugehörige Dampfdrücke des Kühlmittels gekennzeichnet sind, können die Kreise (wieder) hydraulisch getrennt, d.h. bis zu ihren unterschiedlichen Druckniveaus, betrieben werden.

**[0030]** Ausführungsbeispiele für Kühlsysteme werden nachfolgend anhand einer schematischen Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

**Fig. 1** in einer Blockschaltdarstellung ein Kühlsystem mit zwei Kühlkreisläufen und mit einem Wärmetauscher zu deren Koppelung,

**Fig. 2** in einer Blockschaltdarstellung das Kühlsystem mit einem zusätzlichen Elektrospeicher,

**Fig. 3** in einer Blockschaltdarstellung das Kühlsystem mit einer zusätzlichen Wärmequelle und einer zusätzlichen Wärmesenke,

**Fig. 4** in einer Blockschaltdarstellung das Kühlsystem mit einer zusätzlichen Bypassleitung,

**Fig. 5** in einer Blockschaltdarstellung das Kühlsystem mit einer alternativen zusätzlichen Bypassleitung sowie

**Fig. 6** in einer Blockschaltdarstellung ein erfindungsgemäßes Kühlsystem mit zwei Kühlkreisläufen und mit einer hydraulischen Schnittstelle zwischen den beiden Kühlkreisläufen.

**[0031]** Einander entsprechende Teile sind in allen Figuren jeweils mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

**[0032]** Das nachfolgend exemplarisch beschriebene und in **Fig. 1** skizzierte Kühlsystem 2 ist für ein Hybridfahrzeug ausgelegt und umfasst einen Niedertemperatur-Kühlkreislauf 4 und einen Hochtemperatur-Kühlkreislauf 6 zur Kühlung verschiedener Baugruppen im Hybridfahrzeug mittels eines als Kühlmittel eingesetzten Wasser-Glykol-Gemisches. Es handelt sich dabei um ein prinzipiell denkbare Kühlsystem 2.

**[0033]** Der Niedertemperatur-Kühlkreislauf 4 ist dabei für einen Betriebs-Temperaturbereich zwischen 55° Celsius und 85° Celsius sowie für einen Betriebsdruck von etwa 1,5 barü ausgelegt und weist eine Niedertemperatur-Pumpe 8 sowie einen Niedertemperatur-Kühler 10 mit einem steuerbaren und elektrisch betriebenen Lüfter (nicht dargestellt) auf. Mithilfe des Niedertemperatur-Kühlkreislaufes 4 werden ein Elektromotor und verschiedene Elektronik-Komponenten gekühlt, die im Niedertemperatur-Kühlkreislauf 4 vor allem als Niedertemperatur-Wärmequelle 12 wirken und dementsprechend Abwärme an das Kühlmittel abgeben.

**[0034]** Der Hochtemperatur-Kühlkreislauf 6 weist seinerseits eine Hochtemperatur-Pumpe 14 und einen Hochtemperatur-Kühler 16 mit einem steuerbaren und elektrisch betriebenen Lüfter (nicht dargestellt) auf und ist prinzipiell unabhängig vom Niedertemperatur-Kühlkreislauf 4 betreibbar. Die beiden Kühler 10, 16 sind im Fahrzeug beispielsweise in Strömungsrichtung eines Luftstroms hintereinander angeordnet, wobei der Niedertemperatur-Kühler 10 in Strömungsrichtung vor dem Hochtemperatur-Kühler 16 angeordnet ist. Üblicherweise ist lediglich ein gemeinsamer Lüfter angeordnet.

**[0035]** Ausgelegt ist der Hochtemperatur-Kühlkreislauf 6 für einen Betriebs-Temperaturbereich zwischen 90° Celsius und 125° Celsius sowie für einen Betriebsdruck von bis zu 3 barü.

**[0036]** Beiden Wärmequellen 12,18, also der Niedertemperatur-Wärmequelle 12 einerseits und der Hochtemperatur-Wärmequelle 18 andererseits, sind jeweils ein Vorlauf 20,24 und ein Rücklauf 22,26 zugeordnet, wobei der jeweilige Vorlauf 20,24 diejenigen Kühlmittel-Leitungen beschreibt, die Kühlmittel

zur jeweiligen Wärmequelle 12,18 hinleiten, während der jeweilige Rücklauf 22,26 diejenigen Kühlmittel-Leitungen beschreibt, die Kühlmittel von der jeweiligen Wärmequelle 12,18 abtransportieren.

**[0037]** Um die beiden Kühlkreisläufe 4,6 bei Bedarf koppeln zu können, sind diese mittels eines Platten- oder Gegenstromwärmetauschers 28 miteinander verknüpft, wobei der Platten- oder Gegenstromwärmetauschers 28 den Rücklauf 22 der Niedertemperatur-Wärmequelle 12 mit dem Vorlauf 24 der Hochtemperatur-Wärmequelle 18 bedarfsweise wärmeleitend verbindet. Im Falle der Koppelung von Niedertemperatur-Kühlkreislauf 4 und Hochtemperatur-Kühlkreislaufes 6 werden auch ein Verbrennungsmotor sowie ggf. zumindest ein Öl-Reservoir im Betrieb des Hybridfahrzeuges vorgewärmt und/oder erwärmt gehalten.

**[0038]** Darüber hinaus umfasst das Kühlsystem 2 weitere nicht näher dargestellte Komponenten, nämlich ein Steuerelement sowie mehrere Temperatur-Sensoren und Drucksensoren, die an verschiedenen Stellen in den Kühlkreisläufen 4,6 positioniert sind, um an den entsprechenden Positionen die Kühlmitteltemperatur und den Kühlmitteldruck zu erfassen. Über das Steuerelement wird in Abhängigkeit der aktuellen von den Sensoren bereitgestellten Daten die Koppelung zwischen den Kühlkreisläufen 4,6 gesteuert oder geregelt.

**[0039]** Je nach Anwendungszweck sind im Kühlsystem 2 darüber hinaus weitere Funktionseinheiten gegeben, die zumindest zeitweise als Wärmequelle oder Wärmesenke in zumindest einem der beiden Kühlkreisläufe 4,6 wirken. In **Fig. 2** und **Fig. 3** sind zwei Varianten skizziert. In **Fig. 2** ist ein interner Kühlkreislauf eines Elektrospeichers 32, insbesondere ein Hochleistungsakkumulator, in den Niedertemperatur-Kühlkreislauf 4 koppelbar eingebunden, wobei der Elektrospeicher 32 der Niedertemperatur-Wärmequelle 12 im Niedertemperatur-Kühlkreislauf 4 vorgeschaltet ist und je nach Situation als Wärmequelle oder als Wärmesenke wirkt.

**[0040]** In **Fig. 3** sind ein zusätzlicher Wärmetauscher 34 und ein elektrischer Durchlauferhitzer 36 parallel zum Hochtemperatur-Kühler 16 geschaltet, wobei der zusätzliche Wärmetauscher 34 bei Bedarf zur Beheizung des Fahrgastraums des Hybridfahrzeuges genutzt werden kann und somit als Wärmesenke im Hochtemperatur-Kühlkreislauf 6 wirkt und wobei der Durchlauferhitzer 36 bei Bedarf zur Erwärmung des Kühlmittels genutzt werden kann, so dass dieser dann als Wärmequelle im Hochtemperatur-Kühlkreislauf 6 wirkt.

**[0041]** Um die beiden Kühlkreisläufe 4,6 thermisch koppeln und entkoppeln zu können, ist entweder für einen oder für beide Kühlkreisläufe 4,6 eine zusätz-

liche Bypassleitung 38 vorgesehen. Zwei alternative Ausgestaltungen eines entsprechenden Kühlsystems 2 mit einer Bypassleitung 38 sind in den Abbildungen **Fig. 4** und **Fig. 5** angedeutet. Im Ausführungsbeispiel umfasst die Bypassleitung 38 ein steuerbares Ventil 40, mit dem ein Teil des Massenstroms des Kühlmittels um den Platten- oder Gegenstromwärmetauschers 28 herum und somit an diesen vorbei geleitet werden kann. Der umgeleitete Teil des Massenstroms beträgt dabei je nach Betriebssituation zwischen 0 und 100 % des Gesamtmassenstroms.

**[0042]** Alternativ zur thermischen Koppelung der beiden Kühlkreisläufe 4,6 mittels eines Wärmetauschers ist es erfindungsgemäß vorgesehen, die beiden Kühlkreisläufe 4, 6 hydraulisch koppelbar auszugestalten. Ein entsprechendes Ausführungsbeispiel ist in **Fig. 6** gezeigt. Durch eine entsprechende hydraulische Koppelung wird nicht nur Wärme sondern auch Kühlmittel zwischen den beiden Kühlkreisläufen 4,6 ausgetauscht. Hierzu sind die beiden Kühlkreisläufe 4,6 durch zwei räumlich voneinander getrennte Schnittstellen fluidleitend miteinander verbunden, wobei die erste Schnittstelle durch ein steuerbares Ventil 40 gegeben ist, welches den Rücklauf 22 der Niedertemperatur-Wärmequelle 12 mit dem Vorlauf 24 der Hochtemperatur-Wärmequelle 18 verbindet. Die zweite Schnittstelle ist durch ein weiteres steuerbares Ventil 40 gebildet, welches seinerseits den Niedertemperatur-Kühler 10 und den Hochtemperatur-Kühler 16 fluidleitend miteinander verbindet. Werden diese beiden Ventile 40 zum Zwecke der hydraulischen Koppelung zumindest teilweise geöffnet, so wird hierdurch eine Art großer Kreislauf aktiviert, bei dem zumindest ein Teilmassenstrom des Kühlmittels durch die Niedertemperatur-Pumpe 8 angetrieben erst durch die Niedertemperatur-Wärmequelle 12 fließt, nachfolgend durch die Hochtemperatur-Wärmequelle 18 geführt ist, weiter durch den Hochtemperatur-Kühler 16 strömt und schließlich über den Niedertemperatur-Kühler 10 zurück zur Niedertemperatur-Pumpe 8 gelangt. Als Ventile 40 werden vorzugsweise regelbare 3-Wege Ventile oder auch temperaturgesteuerte oder -geregelt Umschalt- oder Teilstromventile eingesetzt.

**[0043]** Die Koppelung dient in erster Linie zum Austausch von Wärme zwischen den beiden Kühlkreisläufen 4,6. Auf diese Weise sollen alle vorhandenen Wärmequellen und Wärmesenken prinzipiell im gesamten Kühlsystem 2 zur Verfügung stehen und vorteilhaft genutzt werden können. Die Koppelung wird dabei durch das erwähnte Steuerelement vorgenommen, wobei das Steuerelement beispielsweise durch ein Steuergerät oder ein Thermostatventil gegeben ist.

**[0044]** So ist es z.B. eine Zielsetzung, das Kühlsystem 2 so zu betreiben, dass möglichst wenig elektrische Energie für das Kühlsystem 2 aufgewendet wird, um hierdurch eine möglichst große Reichweite für das Hybridfahrzeug im elektrischen Betrieb zu gewährleisten. Deshalb werden die Lüfter bzw. ein gemeinsamer Lüfter der Kühler 10,16 nur dann zugeschaltet, wenn auch eine Erhöhung der Kühlleistung im Kühlsystem 2 durch eine kombinierte Nutzung der Kühlleistung beider Kühler 10,16 nicht ausreicht, um ausreichend Wärme aus dem Kühlsystem 2 an die Umgebung abzugeben.

#### Bezugszeichenliste

2	Kühlsystem
4	Niedertemperatur-Kühlkreislauf
6	Hochtemperatur-Kühlkreislauf
8	Niedertemperatur-Pumpe
10	Niedertemperatur-Kühler
12	Niedertemperatur-Wärmequelle
14	Hochtemperatur-Pumpe
16	Hochtemperatur-Kühler
18	Hochtemperatur-Wärmequelle
20	Vorlauf Niedertemperatur-Wärmequelle
22	Rücklauf Niedertemperatur-Wärmequelle
24	Vorlauf Hochtemperatur-Wärmequelle
26	Rücklauf Hochtemperatur-Wärmequelle
28	Plattenwärmetauscher/Gegenstromwärmetauscher
32	Elektrospeicher
34	Wärmetauscher
36	Durchlauferhitzer
38	Bypassleitung
40	Ventil/Umschaltventil

#### Patentansprüche

1. Kühlsystem (2) für ein Hybridfahrzeug umfassend einen Niedertemperatur-Kühlkreislauf (4) mit einer Niedertemperatur-Wärmequelle (12), mit einem Niedertemperatur-Kühler (10) und mit einer Niedertemperatur-Pumpe (8) und umfassend einen unabhängig davon betreibbaren Hochtemperatur-Kühlkreislauf (6) mit einer Hochtemperatur-Wärmequelle (18), mit einem Hochtemperatur-Kühler (16) und mit einer Hochtemperatur-Pumpe (14), wobei - der Niedertemperatur-Kühlkreislauf (4) und der Hochtemperatur-Kühlkreislauf (6) zum Zwecke eines Wärmeaustausches bedarfsweise koppelbar sind,

- die Koppelung von Niedertemperatur-Kühlkreislauf (4) und Hochtemperatur-Kühlkreislauf (6) hydraulisch erfolgt,  
 - der Niedertemperatur-Kühlkreislauf (4) für einen ersten Maximaldruck ausgelegt ist,  
 - der Hochtemperatur-Kühlkreislauf (6) für einen zweiten, höheren Maximaldruck ausgelegt ist und  
 - die Steuerung derart erfolgt, dass die beiden Kühlkreisläufe (4,6) dann entkoppelt werden, wenn der Betriebsdruck den ersten Maximaldruck überschreitet.

2. Kühlsystem (2) nach Anspruch 1, wobei der Niedertemperatur-Kühlkreislauf (4) und der Hochtemperatur-Kühlkreislauf (6) für unterschiedliche Druckbereiche ausgelegt sind.

3. Kühlsystem (2) nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Niedertemperatur-Wärmequelle (12) einerseits und der Hochtemperatur-Wärmequelle (18) andererseits jeweils ein Vorlauf (20,24) und ein Rücklauf (22,26) zugeordnet sind und wobei die Koppelung in einem Bereich zwischen dem Rücklauf (22) der Niedertemperatur-Wärmequelle (12) und dem Vorlauf (24) der Hochtemperatur-Wärmequelle (18) erfolgt.

4. Kühlsystem (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei dieses zur hydraulischen Koppelung zwei steuerbare Ventile (40) umfasst, welche derart angeordnet sind, dass zumindest in einem Betriebsmodus die beiden Wärmequellen (12,18) einerseits und die beiden Kühler (10,16) andererseits jeweils in Reihe geschaltet sind.

5. Kühlsystem (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei im Hochtemperatur-Kühlkreislauf (6) ein Zusatzheizter (36), insbesondere ein elektrischer Durchlauferhitzer (36), angeordnet ist.

6. Kühlsystem (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei im Hochtemperatur-Kühlkreislauf (6) ein zusätzlicher Wärmetauscher (34), insbesondere ein Luft-Kühlmittelwärmetauscher (34) zur Beheizung eines Fahrgastraums angeordnet ist.

7. Kühlsystem (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Niedertemperatur-Kühlkreislauf (4) mit einem internen Kühlkreislauf eines Elektrospeichers (32), insbesondere eines Lithium-Ionen-Speichers, koppelbar ist und in zumindest einem Betriebsmodus gekoppelt ist.

8. Kühlsystem (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei dieses derart eingerichtet ist, dass in einem ersten Betriebsmodus Abwärme der Niedertemperatur-Wärmequelle (12) genutzt wird, um Kühlfüssigkeit im Hochtemperatur-Kühlkreislauf (6) auf eine Betriebstemperatur zu erwärmen.

9. Kühlsystem (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei zumindest einer der Kühler (10,16) zur bedarfsweisen Erhöhung der Kühlleistung einen elektrisch angetriebenen Lüfter aufweist und die Steuerung derart erfolgt, dass der Lüfter nur dann zugeschaltet wird, wenn die durch Koppelung der Kühlkreisläufe (4,6) erzielte Erhöhung der Kühlleistung nicht mehr ausreichend ist.

10. Verfahren zum Betrieb eines Kühlsystem (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die beiden Kühlkreisläufe (4,6) bedarfsweise miteinander gekoppelt werden.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

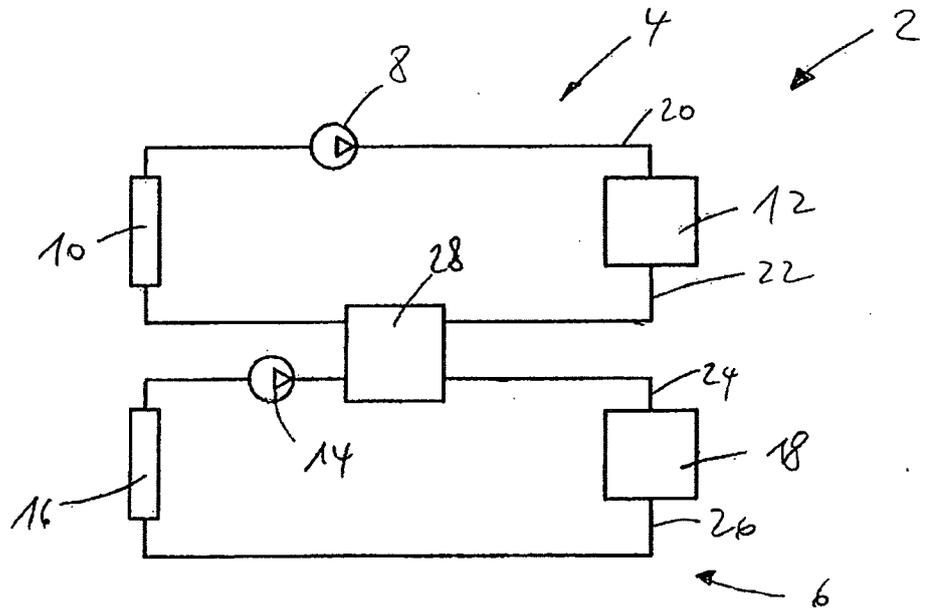


FIG 2

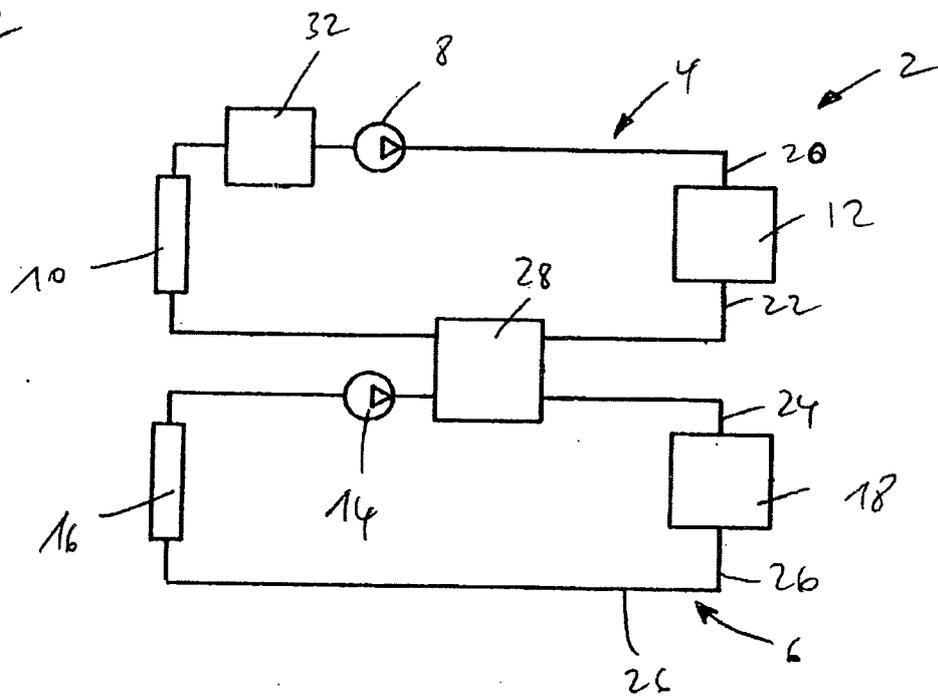


FIG 3

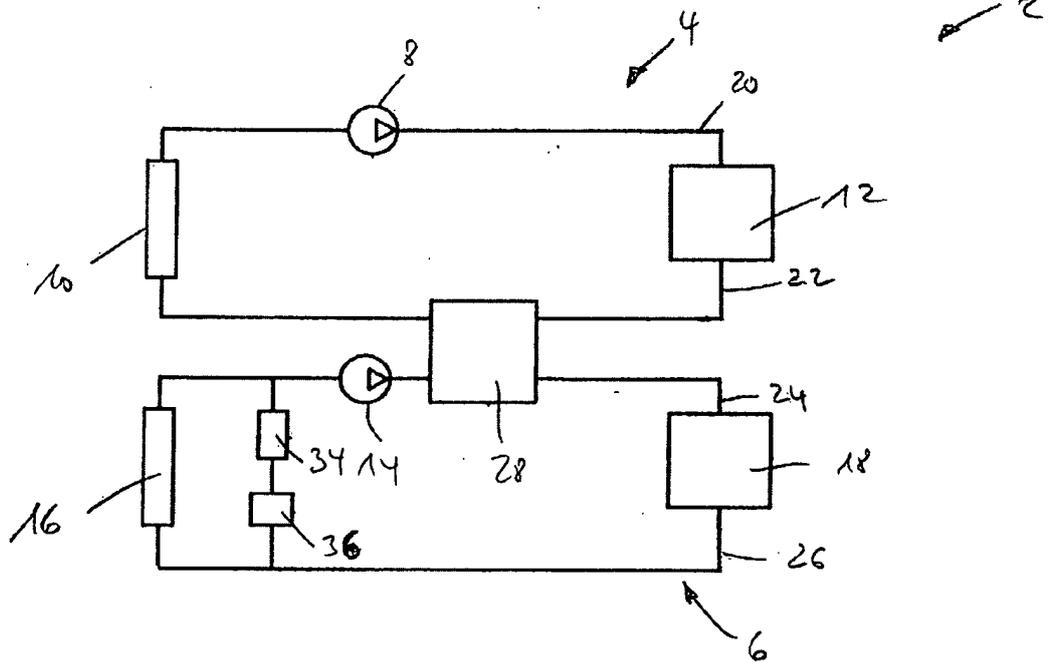


FIG 4

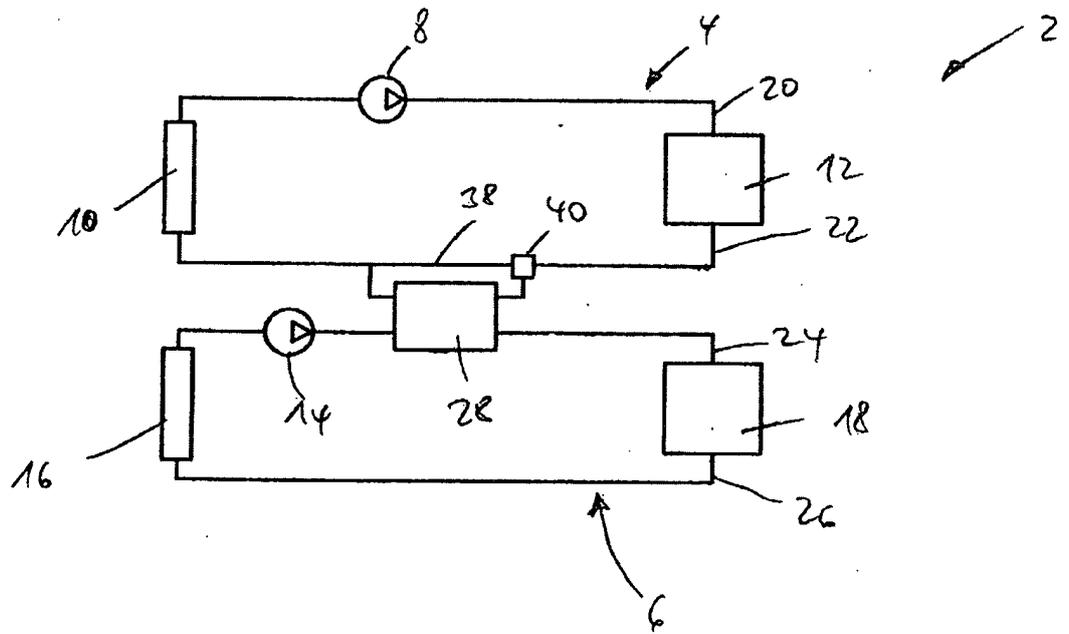


FIG 5

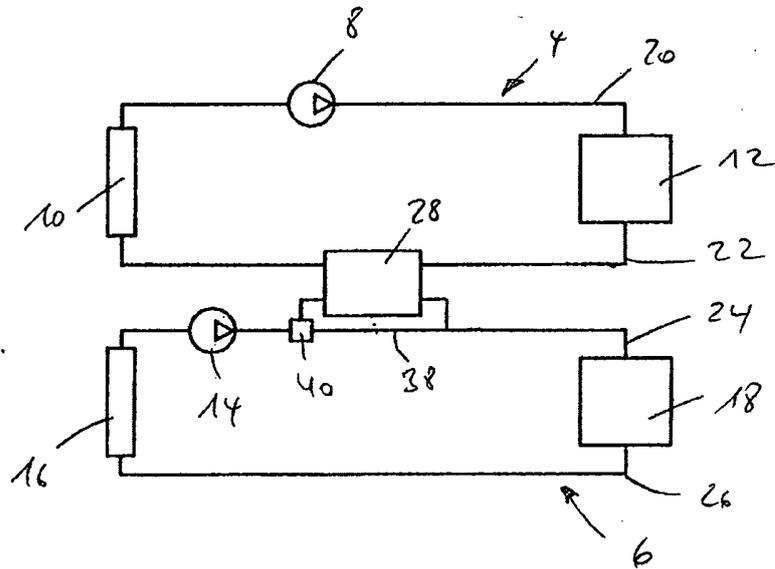


FIG 6

