



(10) **DE 10 2006 041 788 B4** 2012.06.14

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2006 041 788.7**  
 (22) Anmeldetag: **06.09.2006**  
 (43) Offenlegungstag: **27.03.2008**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **14.06.2012**

(51) Int Cl.: **B64D 13/00 (2006.01)**  
**H05K 7/20 (2006.01)**

Innerhalb von drei 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).

(62) Teilung in:  
**10 2006 062 809.8**

(73) Patentinhaber:  
**Airbus Operations GmbH, 21129, Hamburg, DE**

(74) Vertreter:  
**WUESTHOFF & WUESTHOFF Patent- und  
 Rechtsanwälte, 81541, München, DE**

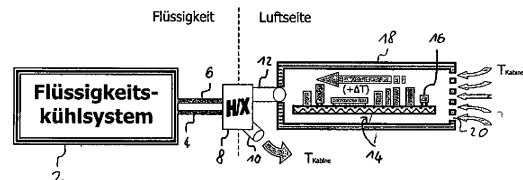
(72) Erfinder:  
**Uluc, Ozan, Dipl.-Ing., 22761, Hamburg, DE;  
 Kiryaman, Ahmet Kayihan, Dipl.-Ing., 22763,  
 Hamburg, DE; Frey, Andreas, Dipl.-Ing., 88090,  
 Immenstaad, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
 gezogene Druckschriften:

<b>DE</b>	<b>103 33 353</b>	<b>A1</b>
<b>FR</b>	<b>2 568 712</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2005 / 0 138 833</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2005 / 0 213 306</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>4 366 526</b>	<b>A</b>
<b>US</b>	<b>5 285 347</b>	<b>A</b>
<b>WO</b>	<b>2006/ 073 553</b>	<b>A2</b>

(54) Bezeichnung: **Luftfahrzeug-Elektronikkühleinrichtung für ein Luftfahrzeug mit einem Flüssigkeitskühlsystem**

(57) Hauptanspruch: Luftfahrzeug-Elektronikkühleinrichtung für ein Luftfahrzeug mit einem Flüssigkeitskühlsystem (2), die mittels eines in einem Kühlkreislauf zirkulierenden Kühlmittels eine thermische Kopplung zwischen einer zu kühlenden elektronischen Einrichtung (14) und dem das Kühlmittel abgebenden Flüssigkeitskühlsystem (2) des Luftfahrzeuges bereitstellt, wobei die Luftfahrzeug-Elektronikkühleinrichtung einen Wärmetauscher (8) eines ersten Typs umfasst, durch den das Kühlmittel des Flüssigkeitskühlsystems und Luft, die durch das Kühlmittel abgekühlt wird, strömen, dadurch gekennzeichnet, dass die in die Luftfahrzeug-Elektronikkühleinrichtung eintretende Luft die zu kühlende elektronische Einrichtung (14) passiert, bevor sie zum Abkühlen in den Wärmetauscher (8) des ersten Typs eintritt.



## Beschreibung

**[0001]** Luftfahrzeughersteller und -betreiber verwenden in Luftfahrzeugen eine stetig steigende Anzahl elektronischer Baugruppen. Die elektronischen Baugruppen steigern einerseits den Komfort in der Kabine und andererseits die Sicherheit des Luftfahrzeuges. Die elektronischen Baugruppen erzeugen Abwärme und müssen gekühlt werden, damit sie zuverlässig funktionieren. Die Klimatisierungseinrichtungen herkömmlicher Luftfahrzeuge können diesen zusätzlichen Kühlanforderungen nicht bzw. nur bedingt gerecht werden.

**[0002]** Bei herkömmlichen Luftfahrzeugen werden die elektronischen Einrichtungen derart ausgelegt, dass sie entweder lediglich durch freie Konvektion gekühlt werden müssen, d. h. eine Luftströmung stellt sich lediglich aufgrund der Dichteunterschiede der Luft ein und kühlt somit die sich erwärmenden Bauteile der elektronischen Einrichtung, oder es werden zusätzliche Gebläse vorgesehen, die eine Zwangskonvektion erzeugen. Eine zusätzliche Kühlkapazität zur Kühlung der elektronischen Einrichtungen kann derzeit nur von einer Klimaanlage und unter Verwendung von entsprechenden, gewichtserhöhenden Rohrleitungen bereitgestellt werden.

**[0003]** Wie zuvor erwähnt, kann die Kühlung elektronischer Einrichtungen und ihrer Bauteile über natürliche Konvektion erfolgen. Dazu werden die Bauteile entsprechend ausgelegt oder rippenartige Kühlkörper daran angebracht, die durch eine entsprechend große Oberfläche eine ausreichende Kühlung sicherstellen sollen. Die Kühlung der elektronischen Einrichtungen und ihrer Bauteile wird entweder durch die bereits vorhandene Klimaanlage, die beispielsweise zur Kühlung der Kabine des Luftfahrzeuges dient, zur Verfügung gestellt oder es wird ein zusätzliches Klimasystem bereitgestellt.

**[0004]** Bei den zuvor genannten Verfahren müssen die elektronischen Einrichtungen und ihre Bauteile bereits bei der Auslegung der elektronischen Einrichtung oder der Bauteile derart aufgebaut sein, dass sie den anspruchsvollen thermischen Bedingungen in einem Luftfahrzeug durch Wärmeabstrahlung bzw. natürlicher Konvektion standhalten. Zur Steigerung des Wärmeüberganges können Gebläse eingesetzt werden, die Luft aus der Umgebung ansaugen. Bei einer hohen Kabinentemperatur reicht diese Kühlung häufig nicht aus, um die von den elektronischen Einrichtungen erzeugte Wärmelast abzutransportieren. Ein weiterer Nachteil dieser vorgenannten Verfahren ist, dass das Gebläse selbst Wärme erzeugt und durch das reine Umwälzen der Luft auch der Einbauraum für die elektronischen Einrichtungen aufgeheizt wird. Größere Wärmelasten, wie sie bei zukünftigen elektronischen Einrichtungen mit einer erhöhten Leistung

entstehen können, werden durch die vorgenannten Verfahren nicht bewältigt.

**[0005]** Eine Kühlung der elektronischen Einrichtungen mit der Luftfahrzeug-Klimaanlage beansprucht viel Platz und weist eine zu niedrige Flexibilität auf. Die Luftfahrzeug-Klimaanlage muss die zur Kühlung der elektronischen Einrichtungen vorgesehene Luft abkühlen. Es müssen Luftzuleitungsschächte von der Luftfahrzeug-Klimaanlage zu den zu kühlenden elektronischen Einrichtungen und Luftableitungsschächte von den zu kühlenden elektronischen Einrichtungen zu der Luftfahrzeug-Klimaanlage durch das Luftfahrzeug verlegt werden. Je nach Einbauposition der Elektronik, beispielsweise unterhalb des Cockpits, falls dort die elektronischen Einrichtungen des Luftfahrzeuges angeordnet sind, kann das Verlegen derartiger Luftzuleitungsschächte und Luftableitungsschächte aufwändig sein und darüber hinaus Einbauraum beanspruchen, der folglich nicht für andere Funktionen zur Verfügung steht. Bei derartigen langen Luftzuleitungsschächten treten hohe thermische und pneumatische Verluste auf, die durch eine entsprechend höhere Leistung der Klimaanlage ausgeglichen werden müssen. Dadurch ergibt sich unter anderem die mangelnde Flexibilität dieser Verfahren. Ferner stehen die zur Verfügung stehenden räumlichen Gegebenheiten im Luftfahrzeugrumpf der Verwendung der Luftfahrzeug-Klimaanlage zum Kühlen der elektronischen Einrichtung entgegen. Darüber hinaus wird die Leistung einer Luftfahrzeugklimaanlage nicht die zukünftigen Anforderungen zum Kühlen elektronischer Einrichtungen erfüllen können.

**[0006]** Die DE 103 33 353 A1 offenbart ein System, in dem eine Mehrzahl elektronischer Einrichtungen mit Luft gekühlt wird.

**[0007]** Die WO 2006/073553 A2 offenbart ein Heat Pipe System zum Kühlen von elektronischen Einrichtungen. Leiterplatten sind an einem Wärmetauscher angeordnet, durch den zumindest teilweise flüssiges Kühlmittel strömt. Dieses System weist eine als Pulsating Heat Pipe (PHP) ausgebildete innere Kühlung auf, die einen Verdampfer und einen Kondensator umfasst. Das Kühlsystem umfasst auch ein äußeres Kühlsystem, das als Loop Heat Pipe (LHP) ausgebildet ist und einen Verdampfer sowie einen Kondensator aufweist.

**[0008]** Die US 2005/0213306 A1 offenbart einen Behälter mit elektronischen Einrichtungen, wobei der Behälter von der Umgebung isoliert ist. Der Behälter weist von Flüssigkeit durchströmte Wärmetauscher auf.

**[0009]** Die FR 2 568 712 A1 offenbart eine Mehrzahl elektronischer Einrichtungen und Verdampfer, die übereinander angeordnet sind. Dieses System erfordert eine Zwangskonvektion und einen Verdampfer

fer, d. h. das Kühlmittel im Kühlkreislauf befindet sich nicht ständig im flüssigen Zustand.

**[0010]** Die US 4 366 526 A offenbart, dass ein Baugruppenträger an einem Kühlkörper angeordnet ist, der von einem flüssigen Kühlmittel durchströmt wird. Der Baugruppenträger selbst ist als Heat Pipe ausgebildet.

**[0011]** Die US 2005/0138833 A1 offenbart eine Sprühkühlung elektronischer Baugruppen in einem geschlossenen Gehäuse.

**[0012]** Es ist die Aufgabe der Erfindung, eine verbesserte Kühlung einer elektronischen Einrichtung eines Luftfahrzeuges bereitzustellen.

**[0013]** Diese Aufgabe wird durch eine Luftfahrzeug-Elektronikkühleinrichtung für ein Luftfahrzeug mit einem Flüssigkeitskühlsystem gemäß Anspruch 1 gelöst.

**[0014]** Die erfindungsgemäße Luftfahrzeug-Elektronikkühleinrichtung stellt mittels eines in einem Kühlkreislauf zirkulierenden Kühlmittels eine thermische Kopplung zwischen einer zu kühlenden elektronischen Einrichtung und dem das Kühlmittel abgebenden Flüssigkeitskühlsystem des Luftfahrzeuges bereit. Das von dem Flüssigkeitskühlsystem abgegebene Kühlmittel kann sich im Kühlkreislauf ständig im flüssigen Zustand befinden. Die Luftfahrzeug-Elektronikkühleinrichtung kann aber auch derart ausgebildet sein, dass das von dem Flüssigkeitskühlsystem abgegebene Kühlmittel beim Kühlen der elektronischen Einrichtung zumindest teilweise verdampft. Im Kontext dieser Beschreibung ist ein Flüssigkeitskühlsystem ein System, das ein gekühltes flüssiges Kühlmittel abgibt und ein von einer zu kühlenden Einrichtung zurückgeführtes Kühlmittel wieder abkühlt, um es erneut als gekühltes flüssiges Kühlmittel abzugeben. Eine elektronische Einrichtung kann eine Platine oder auch ein einziges Bauteil, beispielsweise ein Leistungstransistor, sein.

**[0015]** In Luftfahrzeugen werden zunehmend Flüssigkeitskühlsysteme eingesetzt, mit denen beispielsweise Lebensmittelcontainer in den Küchenbereichen eines Luftfahrzeuges gekühlt werden können. Bei einem derartigen Flüssigkeitskühlsystem sind im Unterflurbereich, beispielsweise im Frachtraum, Pumpeinrichtungen und Kühleinrichtungen angeordnet, die die in den Küchenbereichen eingebauten Wärmetauscher über Rohrleitungen mit Kühlmittel versorgen. Diese Wärmetauscher versorgen dann die Lebensmittelcontainer mit kalter Luft und stehen eine entsprechende Kühlung für die Lebensmittel bereit.

**[0016]** Erfindungsgemäß wird nun vorgeschlagen, ein derartiges Flüssigkeitskühlsystem zum Kühlen

von elektronischen Einrichtungen in dem Luftfahrzeug zu verwenden. Daraus ergibt sich verglichen mit einem herkömmlichen Kühlsystem, das den zu kühlenden elektronischen Einrichtungen kalte Luft zuführt, eine niedrigere Massenzunahme des Luftfahrzeuges, obwohl der Fachmann das Gegenteil erwartet hätte. Bei einer flüssigkeitsbasierten Luftfahrzeug-Elektronikkühleinrichtung können Rohrleitungen mit einem kleineren Querschnitt verwendet werden, da mit einem flüssigen Kühlmittel viel größere Wärmemengen abtransportiert werden können als mit einem gasförmigen Kühlmittel. Dadurch wird auch der Platzbedarf der Luftfahrzeug-Elektronikkühleinrichtung reduziert. Zudem ermöglicht das flüssige Kühlmittel höhere Wärmeübertragungskoeffizienten als ein gasförmiges Kühlmittel. Aufgrund des kleineren Querschnittes der Kühlmittelleitungen können die Kühlmittelleitungen eines Flüssigkeitskühlsystems flexibler, d. h. mit weniger Beschränkungen, in dem Luftfahrzeug verlegt werden und auch solche Orte mit hoher Kühlleistung versorgen, die durch ein herkömmliches Klimaanlage-System nicht mit einer so hohen Kühlleistung versorgt werden konnten.

**[0017]** Die Luftfahrzeug-Elektronikkühleinrichtung kann einen Wärmetauscher des ersten Typs umfassen, durch den das Kühlmittel des Flüssigkeitskühlsystems und Luft, die durch das Kühlmittel abgekühlt werden soll, strömen, wobei die abzukühlende Luft die zu kühlende elektronische Einrichtung passiert, bevor sie in den Wärmetauscher vom ersten Typ eintritt. Bei einigen Anwendungen kann Luft mit der üblichen Kabinenlufttemperatur zum Kühlen der Elektronik eines Luftfahrzeuges ausreichen. Kabinenluft strömt durch Lufteinlässe zu den Bauteilen und kühlt diese, beispielweise konvektiv, ab. Das Strömen der Luft über die elektronische Einrichtung kann auch durch ein Gebläse unterstützt und/oder erzwungen werden. Die erwärmte Luft wird dann durch den Wärmetauscher des Flüssigkeitskühlsystems auf die Kabinenlufttemperatur gekühlt und in die Kabine zurückgeführt. Dadurch entsteht in der Luftfahrzeugkabine ein Temperatenausgleichsprozess, der die Klimatisierung der Kabine thermisch nicht beeinflusst. Ein Vorteil einer solchen Luftfahrzeug-Elektronikkühleinrichtung ist, dass an der zu kühlenden elektronischen Einrichtung bzw. den zu kühlenden Bauteilen keine kalten Bereiche entstehen, die zur Kondensatbildung neigen. Sich ansammelndes Kondensat könnte nämlich zu einem Ausfall eines Bauteils der elektronischen Einrichtung oder der gesamten elektronischen Einrichtung führen.

**[0018]** Die elektronische Einrichtung kann einen Baugruppenträger umfassen, an dem eine Mehrzahl elektronischer Bauelemente angeordnet ist. Die Luftfahrzeug-Elektronikkühleinrichtung kann derart ausgebildet sein, dass das Kühlmittel des Flüssigkeitskühlsystems durch den Baugruppenträger strömt. In diesem Fall stellt der Baugruppenträger selbst den

Wärmetauscher dar. Die Bauteile können derart aufgebaut sein, dass sie einen Wärmetauscher aufweisen, der von dem Kühlmittel durchströmt wird. Bei diesen Ausgestaltungen kann die Wärmelast unmittelbar abgeführt werden, d. h. ohne eine vorherige Übertragung der Kälteleistung des Flüssigkeitskühlsystems an Luft.

**[0019]** Die elektronische Einrichtung kann in einem Gehäuse angeordnet sein. Die Luftfahrzeug-Elektronikkühleinrichtung kann derart ausgebildet sein, dass das Gehäuse von dem Kühlmittel des Flüssigkeitskühlsystems zumindest teilweise gekühlt wird. Dadurch wird eine gekühlte und von den Außenbedingungen entkoppelte Umgebung geschaffen.

**[0020]** Die zu kühlende elektronische Einrichtung kann, beispielsweise mittels ihres Baugruppenträgers, an einem Kühlkörper angeordnet sein. Die Luftfahrzeug-Elektronikkühleinrichtung kann derart ausgebildet sein, dass der Kühlkörper von dem Kühlmittel des Flüssigkeitskühlsystems durchströmt wird. Bei dieser Ausgestaltung kann die elektronische Einrichtung gewechselt werden, ohne dass der Kühlkreislauf geöffnet werden muss. Es können mehrere elektronische Einrichtungen, beispielsweise mit ihrem Baugruppenträger, an dem Kühlkörper angeordnet sein. Beispielsweise können die Baugruppenträger der elektronischen Einrichtungen an der Oberseite, der Unterseite oder an den Seitenflächen des Kühlkörpers angeordnet werden.

**[0021]** Die Luftfahrzeug-Elektronikkühleinrichtung kann derart ausgebildet sein, dass die elektronische Einrichtung von dem Kühlmittel des Flüssigkeitskühlsystems umströmt wird. Die elektronischen Einrichtungen werden dazu in einem abgeschlossenen und/oder isolierten Gehäuse angeordnet. Über eine Eintrittsöffnung und eine Austrittsöffnung wird das Gehäuse an das Flüssigkeitskühlsystem angeschlossen und kann dann im Betrieb mit dem Kühlmittel geflutet werden. Das setzt jedoch voraus, dass das Kühlmittel nicht die Funktion der elektronischen Einrichtung bzw. ihrer Bauteile beeinträchtigt. Diese Anforderung erfüllt beispielsweise eine dielektrische Kühlflüssigkeit und/oder eine elektrisch nicht leitende Kühlflüssigkeit.

**[0022]** Das Kühlmittel des Flüssigkeitskühlsystems kann nacheinander und/oder parallel durch eine Mehrzahl der zuvor beschriebenen Ausgestaltungen der Luftfahrzeug-Elektronikkühleinrichtung in einem Kühlkreislauf strömen. Beispielsweise kann das Kühlmittel des Flüssigkeitskühlsystems in dem Kühlkreislauf nacheinander und/oder parallel durch zumindest einen Wärmetauscher des ersten Typs strömen, durch den das Kühlmittel des Flüssigkeitskühlsystems und Luft, die durch das Kühlmittel abgekühlt wird, strömen, wobei die abgekühlte Luft auf die zu kühlende elektronische Einrichtung gerichtet

wird. Das Kühlmittel kann zusätzlich in dem Kühlkreislauf nacheinander und/oder parallel einen Wärmetauscher des ersten Typs durchströmen, durch den das Kühlmittel des Flüssigkeitskühlsystems und Luft, die durch das Kühlmittel abgekühlt wird, strömen, wobei die abzukühlende Luft die zu kühlende elektronische Einrichtung passiert, bevor sie in den Wärmetauscher vom ersten Typ eintritt. Das Kühlmittel kann zusätzlich in dem Kühlkreislauf nacheinander und/oder parallel zumindest einen Baugruppenträger der elektronischen Einrichtung durchströmen. Das Kühlmittel kann zusätzlich in dem Kühlkreislauf nacheinander und/oder parallel zumindest einen Wärmetauscher des zweiten Typs durchströmen, der in einem Gehäuse unterhalb einer zumindest einen elektronischen Einrichtung und von diesen beabstandet angeordnet ist, wobei oberhalb der zumindest einen elektronischen Einrichtung und unter dem Wärmetauscher vom zweiten Typ je zumindest eine Öffnung zum Zuströmen oder Abströmen von Luft angeordnet ist. Das Kühlmittel kann darüber hinaus in dem Kühlkreislauf nacheinander und/oder parallel am Außenbereich zumindest eines Gehäuses strömen, in dem die elektronische Einrichtung angeordnet ist. Das Kühlmittel kann in dem Kühlkreislauf zusätzlich nacheinander und/oder parallel zumindest einen Kühlkörper durchströmen, an dem die zu kühlende elektronische Einrichtung, beispielsweise mittels ihres Baugruppenträgers, angeordnet ist. Das Kühlmittel kann in dem Kühlkreislauf auch nacheinander und/oder parallel zumindest eine elektronische Einrichtung umströmen. Das Kühlmittel kann somit die zuvor beschriebenen Ausgestaltungen einer Luftfahrzeug-Elektronikkühleinrichtung in einer beliebigen Kombination nacheinander oder parallel in einem Kühlkreislauf durchströmen.

**[0023]** Das erfindungsgemäße Flüssigkeitskühlsystem stellt den elektronischen Einrichtungen in einem Luftfahrzeug zusätzliche Kühlkapazität zur Verfügung. Insbesondere wenn kabinenseitig hohe Anforderungen an die Kühlung gestellt werden, kann das Flüssigkeitskühlsystem eine ausreichende Kühlung der elektronischen Einrichtungen sicherstellen. Ferner kann das Flüssigkeitskühlsystem einen breiteren Temperaturbereich abdecken und größeren thermischen Lasten eine Kühlung bereitstellen. Durch die Verwendung des Flüssigkeitskühlsystems zum Kühlen von elektronischen Einrichtungen wird eine effiziente Kühlung der elektronischen Einrichtungen bei einem reduzierten Gewicht sichergestellt. Bei einem bereits vorhandenen Flüssigkeitskühlsystem kann platzsparend und flexibel nahezu jeder Bereich des Luftfahrzeuges erreicht werden. Da das Temperaturniveau eines Flüssigkeitskühlsystems üblicherweise niedriger ist, als zur Kühlung einer elektronischen Einrichtung erforderlich, kann zu ihrer Kühlung auch der Rücklauf von anderen Wärmetauschern, beispielsweise eines Wärmetauschers in der Bordküche, verwendet werden.

[0024] Die Erfindung wird jetzt unter Bezugnahme auf die beigefügten schematischen Figuren detaillierter erläutert. Es zeigen:

[0025] **Fig. 1** eine erläuternde Ausführungsform, bei der mittels eines Flüssigkeitskühlsystems gekühlte Luft auf eine elektronische Einrichtung gerichtet wird;

[0026] **Fig. 2** eine erste Ausführungsform der Erfindung, bei der Luft über eine elektronische Einrichtung strömt und anschließend von einem Flüssigkeitskühlsystem gekühlt wird;

[0027] **Fig. 3** eine erläuternde Ausführungsform, bei der über ein Flüssigkeitskühlsystem einem Wärmetauscher in einem Gehäuse mit mehreren übereinander angeordneten elektronischen Einrichtungen Kühlmittel zugeführt wird;

[0028] **Fig. 4** eine erläuternde Ausführungsform, die der vorstehenden Ausführungsform ähnelt, wobei in dem Gehäuse über dem Wärmetauscher ein Gebläse angeordnet ist;

[0029] **Fig. 5** eine weitere Ausführungsform, bei der Kühlmittel durch einen Baugruppenträger einer elektronischen Einrichtung strömt;

[0030] **Fig. 6** eine noch weitere Ausführungsform, bei der Kühlmittel im Außenbereich eines Gehäuses strömt, in dem eine elektronische Einrichtung angeordnet ist;

[0031] **Fig. 7** eine andere Ausführungsform, bei der die elektronische Einrichtung an einem Kühlkörper angeordnet ist, durch den Kühlmittel strömt;

[0032] **Fig. 8** eine abgewandelte Ausführungsform, die der vorstehenden Ausführungsform ähnelt, wobei eine Mehrzahl von elektronischen Einrichtungen an dem Kühlkörper angeordnet ist;

[0033] **Fig. 9** eine modifizierte Ausführungsform, bei der eine elektronische Einrichtung von Kühlmittel umströmt wird; und

[0034] **Fig. 10** eine noch andere Ausführungsform, bei der eine Mehrzahl von elektronischen Einrichtungen nacheinander oder parallel in einem Kühlkreislauf gekühlt wird.

[0035] **Fig. 1** zeigt ein Flüssigkeitskühlsystem **2**, das über eine Zuführleitung **4** einem Wärmetauscher **8** Kühlmittel zuführt, das von dem Wärmetauscher **8** über eine Rückführleitung **6** an das Flüssigkeitskühlsystem **2** zurückgeführt wird. Das Flüssigkeitskühlsystem **2** kühlt das Kühlmittel und gibt es wieder ab. Das Kühlmittel befindet sich bei dem sich ergebenden Kühlkreislauf immer im flüssigem Zustand. Es versteht sich, dass bei einer anderen Ausführungs-

form das Kühlmittel im Wärmetauscher **8** zumindest teilweise verdampfen kann. Der Wärmetauscher **8** saugt über eine Ansaugleitung **12** warme Luft an, die beim Passieren des Wärmetauschers **8** abgekühlt wird und von einer Abgabelitung **10** auf eine elektronische Einrichtung **14** mit einer Mehrzahl von Bauteilen gerichtet wird. Bei dieser Ausführungsform werden die elektronische Einrichtung **14** und ihre Bauteile **16** konvektiv gekühlt. Der Wärmetauscher **8** befindet sich nahe an der elektronischen Einrichtung **14**, so dass nur eine kurze Ansaugleitung **12** und Abgabelitung **10** erforderlich sind. Die aus dem Wärmetauscher **8** austretende Luft kann eine Mehrzahl elektronischer Einrichtungen **14** kühlen.

[0036] **Fig. 2** zeigt eine erfindungsgemäße Ausführungsform der Luftfahrzeug-Elektronikkühleinrichtung. Ein Flüssigkeitskühlsystem **2** führt über eine Zuführleitung **4** einem Wärmetauscher **8** Kühlmittel zu, das über eine Rückführleitung **6** an das Flüssigkeitskühlsystem **2** zurückgeführt wird. Über zumindest eine Öffnung **20** in einem Gehäuse **18**, in dem eine elektronische Einrichtung **14** mit mehreren elektronischen Bauteilen **16** angeordnet ist, tritt Luft aus der Kabine mit der Kabinenlufttemperatur in das Gehäuse **18** ein. Die Luft strömt an den Bauteilen **16** der elektronischen Einrichtung **14** vorbei, wodurch die Bauteile **16** und die elektronische Einrichtung **14** insgesamt gekühlt wird. Die an der elektronischen Einrichtung **14** vorbeiströmende Luft tritt über eine Ansaugleitung **12** in den Wärmetauscher ein, wird in dem Wärmetauscher auf die Kabinenlufttemperatur abgekühlt und tritt über eine Abgabelitung **10** wieder in die Kabine ein. Bei einigen Anwendungen ist die übliche Kabinenlufttemperatur in einem Luftfahrzeug ausreichend, um eine elektronische Einrichtung zu kühlen. Bei dieser Ausführungsform entsteht ein für die Luftfahrzeugkabine neutraler Temperaturnausgleichsprozess, der die Kabinenklimatisierung thermisch nicht beeinflusst. Ein Vorteil dieser Ausführungsform ist, dass an der elektronischen Einrichtung **14** und/oder an ihren Bauteilen **16** keine kalten Bereiche entstehen, an denen sich Kondensat sammeln kann. Kondensat kann zum Ausfall eines Bauteils **16** oder der elektronischen Einrichtung **14** führen. Die in den Wärmetauscher **8** eintretende Luft kann eine Mehrzahl elektronischer Einrichtungen **14** kühlen.

[0037] **Fig. 3** zeigt eine weitere Ausführungsform der Luftfahrzeug-Elektronikkühleinrichtung. Eine Mehrzahl elektronischer Einrichtungen **14** mit einer Mehrzahl von elektronischen Bauteilen **16** ist in einem Gehäuse **22** angeordnet. Im unteren Bereich des Gehäuses **22** befindet sich zumindest eine untere Öffnung **26**, und im oberen Bereich des Gehäuses **22** befindet sich zumindest eine obere Öffnung **28**. Zwischen der zumindest einen unteren Öffnung **26** und der Mehrzahl elektronischer Einrichtungen **14** ist ein Wärmetauscher **24** angeordnet. Ein Flüssigkeitskühlsystem **2** führt über eine Zuführleitung **4** dem Wärme-

tauscher **24** Kühlmittel zu, das über eine Rückführleitung **6** an das Flüssigkeitskühlsystem **2** zurückgeführt wird. Bei dieser Ausführungsform erfolgt die Kühlung durch freie Konvektion. Die warme Luft mit einer niedrigeren Dichte tritt aus der Mehrzahl oberer Öffnungen **28** aus dem Gehäuse **22** aus. Gleichzeitig tritt in die Mehrzahl unterer Öffnungen **26** des Gehäuses **22** Luft ein, die vom Wärmetauscher **24** gekühlt wird und zu den zu kühlenden elektronischen Einrichtungen **14** und ihren Bauteilen **16** strömt.

**[0038]** **Fig. 4** zeigt eine Ausführungsform des Luftfahrzeug-Klimatisierungssystems, die der Ausführungsform von **Fig. 3** ähnelt und zusätzlich ein Gebläse **30** umfasst, das in dem Gehäuse **22** zwischen dem Wärmetauscher **24** und der Mehrzahl elektronischer Einrichtungen **14** mit einer Mehrzahl von Bauteilen **14** angeordnet ist. Das Gebläse **30** erzeugt eine Luftströmung, die in Richtung der zu kühlenden elektronischen Einrichtungen **14** gerichtet ist. Luft tritt über die Mehrzahl unterer Öffnungen **26** in das Gehäuse ein, passiert den Wärmetauscher **24** und umströmt die elektronischen Einrichtungen **14** bzw. ihre Bauteile **16**, um diese zu kühlen, und tritt aus den oberen Öffnungen **28** des Gehäuses **22** aus.

**[0039]** **Fig. 5** zeigt eine andere Ausführungsform der Luftfahrzeug-Elektronikkühleinrichtung. Eine elektronische Einrichtung **14** umfasst mehrere Bauteile **16**, die an einem Baugruppenträger **32** angeordnet sind. Der Baugruppenträger **32** ist als Wärmetauscher ausgebildet und wird zumindest teilweise von Kühlmittel durchströmt. Ein Flüssigkeitskühlsystem **2** führt über eine Zuführleitung **4** dem Baugruppenträger **32** Kühlmittel zu, das die an dem Baugruppenträger **32** angeordneten Bauteile **16** kühlt. Das Kühlmittel kann auch zumindest ein Bauteil **16** durchströmen, das an dem Baugruppenträger **32** angeordnet ist. Das Kühlmittel tritt aus dem Baugruppenträger in eine Rückführleitung **6** ein und wird zu dem Flüssigkeitskühlsystem **2** zurückgeführt.

**[0040]** **Fig. 6** zeigt eine noch andere Ausführungsform der Luftfahrzeug-Elektronikkühleinrichtung, bei der eine elektronische Einrichtung **14** mit mehreren Bauteilen **16** in einem Gehäuse **34** angeordnet ist. Der Außenbereich des Gehäuses **34** oder zumindest eine Gehäusewand wird zumindest teilweise von Kühlmittel durchströmt. Ein Flüssigkeitskühlsystem **2** führt über eine Zuführleitung **4** dem Gehäuse **34** Kühlmittel zu. Dadurch wird das Gehäuse und auch die elektronische Einrichtung **14** in dem Gehäuse gekühlt. Das Kühlmittel tritt aus dem Gehäuse **34** in eine Rückführleitung **6** ein und wird an das Flüssigkeitskühlsystem zurückgeführt. Bei dieser Ausführungsform ist die elektronische Einrichtung **14** vollständig von der Umgebung entkoppelt. Diese Ausführungsform kann bei elektronischen Einrichtungen verwendet werden, die eine besonders hohe Ausfallsicher-

heit gewährleisten müssen und/oder sicherheitsrelevante Funktionen steuern oder überwachen.

**[0041]** **Fig. 7** zeigt eine abgewandelte Ausführungsform, bei der eine elektronische Einrichtung **14** an einem Kühlkörper **36** angeordnet ist. **Fig. 8** zeigt eine Ausführungsform, bei der mehrere elektronische Einrichtungen **14**, **14a**, **14b** an einem Kühlkörper **36a** angeordnet sind. Ein Flüssigkeitskühlsystem **2** führt über eine Zuführleitung **4** dem Kühlkörper **36**, **36a**, an dem zumindest eine elektronische Einrichtung **14**, **14a**, **14b** angeordnet ist, Kühlmittel zu. Der Kühlkörper entzieht der zumindest einen elektronischen Einrichtung **14**, **14a**, **14b** Wärme und gibt sie an das Kühlmittel ab. Das Kühlmittel strömt über eine Rückführleitung **6** zu dem Flüssigkeitskühlsystem **2** zurück. Diese Ausführungsformen haben den Vorteil, dass zum Wechseln der elektronischen Einrichtung **14**, **14a**, **14b** der Kühlkreislauf nicht geöffnet werden muss. Dadurch ergibt sich eine besonders wartungsfreundliche Luftfahrzeug-Elektronikkühleinrichtung. Es ist jedoch bei diesen Ausführungsformen nicht ausgeschlossen, dass einzelne Bauteile **16** separat mit Kühlmittel versorgt werden.

**[0042]** **Fig. 9** zeigt eine modifizierte Ausführungsform der Luftfahrzeug-Elektronikkühleinrichtung, bei der eine elektronische Einrichtung in einem Gehäuse **38** angeordnet ist, wobei das Kühlmittel durch das Innere des Gehäuses **38** strömt. Ein Flüssigkeitskühlsystem **2** führt dem Gehäuse **38** über eine Zuführleitung **4** Kühlmittel zu. Das Kühlmittel umströmt im Inneren des Gehäuses **38** die elektronische Einrichtung und ihre Bauteile **16**. Die elektronische Einrichtung **14** kann aber auch geschlossen sein, so dass die Bauteile **16** nicht mit dem Kühlmittel in Berührung kommen. Das Kühlmittel entzieht der elektronischen Einrichtung **14** bzw. ihren Bauteilen **16** Wärme und strömt über eine Rückführleitung **6** zu dem Flüssigkeitskühlsystem **2** zurück. Bei dieser Ausführungsform wird der elektronischen Einrichtung **14** bzw. ihren Bauteilen **16** besonders viel Wärme entzogen, so dass sich diese Ausführungsform besonders für elektronische Einrichtungen eignet, die eine hohe elektrische Leistung zur Verfügung stellen müssen oder eine hohe Verlustleistung haben. Bei dieser Ausführungsform muss die elektronische Einrichtung so aufgebaut werden, dass das Kühlmittel keinen Einfluss auf die Funktionsfähigkeit der elektronischen Einrichtung hat. Diese Anforderung erfüllt beispielsweise eine dielektrische Kühlflüssigkeit und/oder eine elektrisch nicht leitende Kühlflüssigkeit.

**[0043]** **Fig. 10** schließlich zeigt eine Luftfahrzeug-Elektronikkühleinrichtung, bei der das Kühlmittel in einem Kühlkreislauf seriell und parallel einer Mehrzahl von elektronischen Einrichtungen eine Kühlung bereitstellt. Ein Flüssigkeitskühlsystem **2** führt über eine Zuführleitung **4** Kühlmittel parallel einer Mehrzahl von elektronischen Einrichtungen **40a**, **40b**, **40c**



zu, deren Baugruppenträger mit Kühlmittel durchströmt werden, wie zuvor bezüglich der fünften Ausführungsform erläutert wurde. Das Kühlmittel durchströmt die Mehrzahl von elektronischen Einrichtungen **40a**, **40b**, **40c** parallel, wodurch eine höhere Redundanz und Ausfallsicherheit gewährleistet wird. Das Kühlmittel strömt ferner zu einer elektronischen Einrichtung **42**, die an einem Kühlkörper angeordnet ist, der von Kühlmittel durchströmt wird, wie zuvor hinsichtlich der **Fig. 7** erläutert wurde. Das Kühlmittel strömt anschließend in den Außenbereich eines Gehäuses, in dem sich eine elektronische Einrichtung **44** befindet, wie zuvor hinsichtlich der **Fig. 6** erläutert wurde. Anschließend strömt das Kühlmittel zu einer weiteren elektronischen Einrichtung **40d**, die derart ausgebildet ist, dass das Kühlmittel durch deren Baugruppenträger strömen kann, um die elektronische Einrichtung **40d** zu kühlen, wie zuvor hinsichtlich der **Fig. 5** erläutert wurde. Anschließend strömt das Kühlmittel über eine Rückföhrleitung **6** an das Flüssigkeitskühlsystem **2** zurück. Die seriell hintereinander geschalteten elektronischen Einrichtungen **42**, **44**, **40d** können sich an unterschiedlichen Orten in dem Luftfahrzeug befinden. Aufgrund der hohen Flexibilität der erfindungsgemäßen Luftfahrzeug-Elektronikköheinrichtung können elektronische Einrichtungen geköhlt werden, die sich an einem nahezu beliebigen Ort in dem Luftfahrzeug befinden. Es versteht sich, dass zur Erhöhung der Sicherheit und Redundanz der erfindungsgemäßen Luftfahrzeug-Elektronikköheinrichtung auch alle elektronischen Einrichtungen parallel mit Kühlmittel versorgt werden können.

**[0044]** Das bei der Luftfahrzeug-Elektronikköheinrichtung verwendete Kühlmittel ist vorzugsweise eine dielektrische Flüssigkeit. Durch die dielektrische Flüssigkeit werden die elektronischen Einrichtungen und ihre Bauteile nicht in ihrer Funktion beeinträchtigt. Das Kühlmittel weist vorzugsweise eine Temperatur von etwa +10°C bis etwa +20°C auf. Ein Beispiel einer dielektrischen Flüssigkeit ist Galden® HT 135 oder ZT 130 von Solvay Solexis.

**[0045]** Bei einer Ausführungsform kann sich das von dem Flüssigkeitskühlsystem abgegebene Kühlmittel im Köhlcyclelauf ständig im flüssigen Zustand befinden. Bei dieser Ausführungsform müssen keine thermodynamischen Gesichtspunkte wie Siedetemperaturen und dergleichen beachtet werden. Ferner können sich bei dieser Ausführungsform, wie zuvor erwähnt wurde, mehrere zu kühlende elektronische Einrichtungen in einem Köhlcyclelauf hintereinander befinden.

**[0046]** Bei einer anderen Ausführungsform kann die Luftfahrzeug-Elektronikköheinrichtung aber auch derart ausgebildet sein, dass das von dem Flüssigkeitskühlsystem abgegebene Kühlmittel beim Köhlen der elektronischen Einrichtung zumindest teilweise verdampft. Bei dieser Ausführungsform können

höhere Köhleleistungen erreicht werden und größere Wärmemengen abtransportiert werden.

## Patentansprüche

1. Luftfahrzeug-Elektronikköheinrichtung für ein Luftfahrzeug mit einem Flüssigkeitskühlsystem (**2**), die mittels eines in einem Köhlcyclelauf zirkulierenden Kühlmittels eine thermische Kopplung zwischen einer zu kühlenden elektronischen Einrichtung (**14**) und dem das Kühlmittel abgebenden Flüssigkeitskühlsystem (**2**) des Luftfahrzeuges bereitstellt, wobei die Luftfahrzeug-Elektronikköheinrichtung einen Wärmetauscher (**8**) eines ersten Typs umfasst, durch den das Kühlmittel des Flüssigkeitskühlsystems und Luft, die durch das Kühlmittel abgeköhlt wird, strömen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die in die Luftfahrzeug-Elektronikköheinrichtung eintretende Luft die zu kühlende elektronische Einrichtung (**14**) passiert, bevor sie zum Abköhlen in den Wärmetauscher (**8**) des ersten Typs eintritt.

2. Luftfahrzeug-Elektronikköheinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich das von dem Flüssigkeitskühlsystem (**2**) abgegebene Kühlmittel in dem Köhlcyclelauf ständig im flüssigen Zustand befindet.

3. Luftfahrzeug-Elektronikköheinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Luftfahrzeug-Elektronikköheinrichtung derart ausgebildet ist, dass das von dem Flüssigkeitskühlsystem (**2**) abgegebene Kühlmittel beim Köhlen der elektronischen Einrichtung (**14**) zumindest teilweise verdampft.

4. Luftfahrzeug-Elektronikköheinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das von dem Flüssigkeitskühlsystem (**2**) abgegebene Kühlmittel eine dielektrische Flüssigkeit und/oder eine elektrisch nicht leitende Flüssigkeit ist.

5. Luftfahrzeug-Elektronikköheinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Luftfahrzeug-Elektronikköheinrichtung derart ausgebildet ist, dass das Kühlmittel in dem Köhlcyclelauf nacheinander und/oder parallel zumindest:

- einen Wärmetauscher (**8**) vom ersten Typ durchströmt, durch den das Kühlmittel des Flüssigkeitskühlsystems und Luft strömt, die durch das Kühlmittel abgeköhlt wird, wobei die abgeköhlte Luft auf die zu kühlende elektronische Einrichtung (**14**) gerichtet wird,
- einen Baugruppenträger (**32**) der zu kühlenden elektronischen Einrichtung (**14**) durchströmt,
- einen Wärmetauscher (**24**) vom zweiten Typ durchströmt, der in einem Gehäuse (**22**) unterhalb zumindest einer zu kühlenden elektronischen Einrichtungen (**14**) und von dieser beabstandet angeordnet ist, wobei oberhalb der zu kühlenden elektronischen Einrichtungen (**14**) und unter dem Wärmetauscher (**24**)

vom zweiten Typ je zumindest eine Öffnung (**26, 28**) zum Zuströmen oder Abströmen von Luft angeordnet ist,

– am Außenbereich eines Gehäuses (**34**) strömt, in dem die zu kühlende elektronische Einrichtung (**14**) angeordnet ist,

– einen Kühlkörper (**36**) durchströmt, an dem die zu kühlende elektronische Einrichtung (**14**) angeordnet ist, und/oder

– die zu kühlende elektronische Einrichtung (**14**) umströmt.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen



Anhängende Zeichnungen

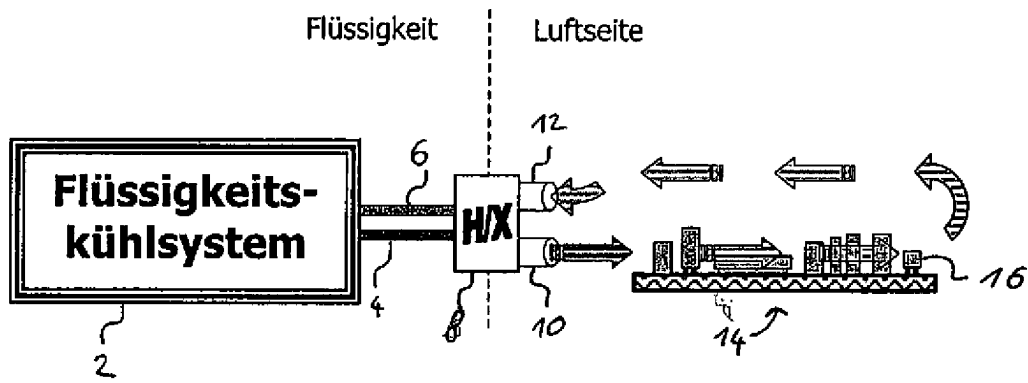


Fig. 1

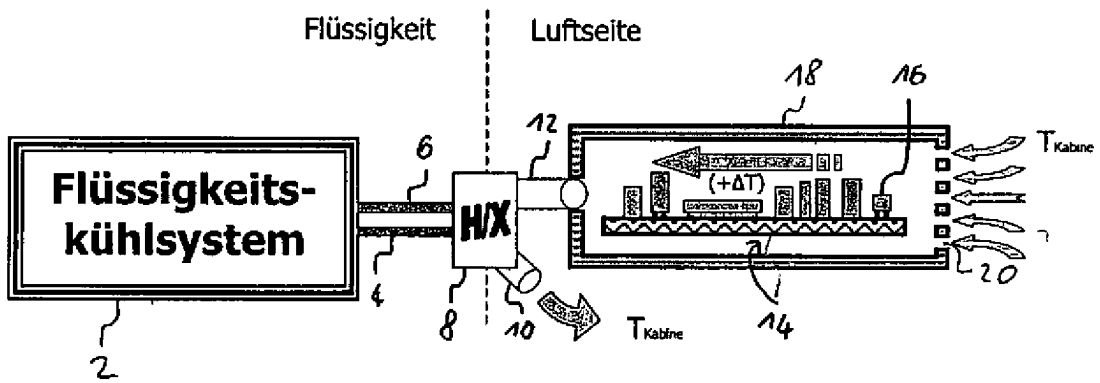


Fig. 2

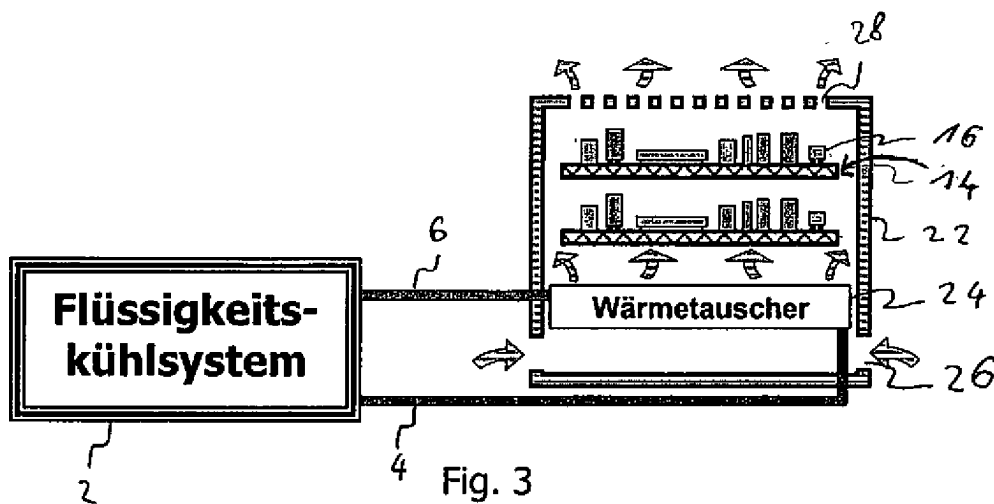


Fig. 3

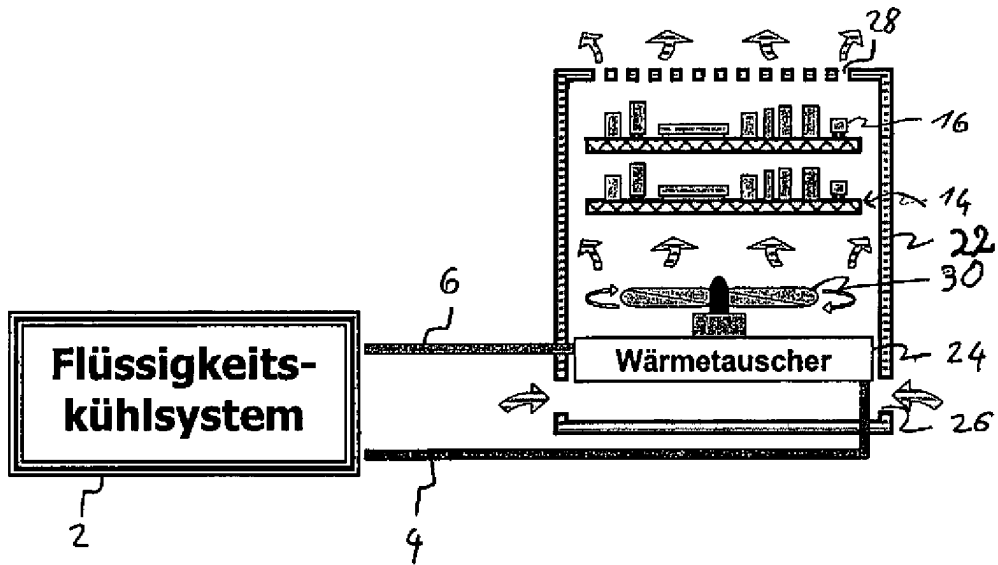


Fig. 4

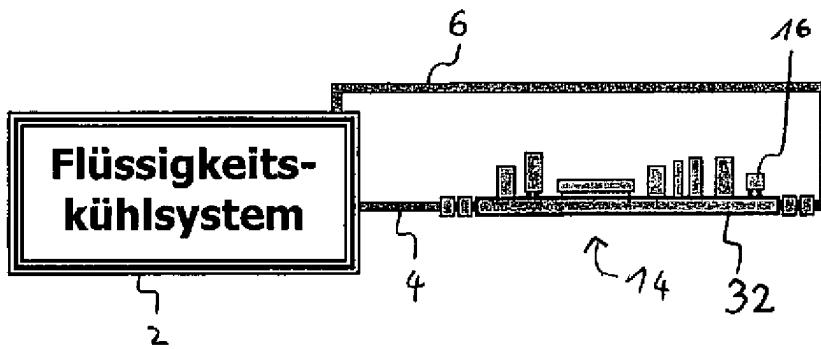


Fig. 5

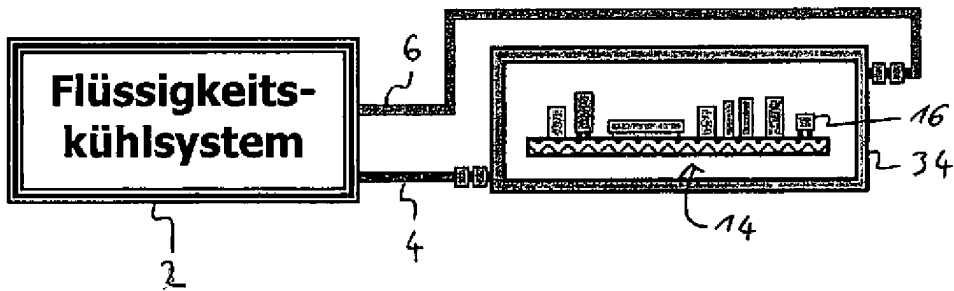


Fig. 6

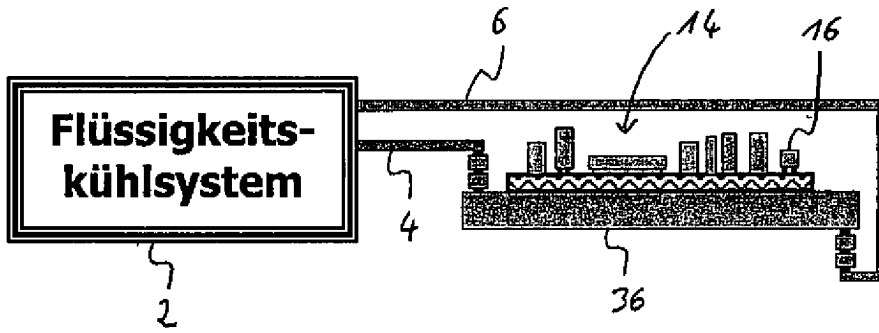


Fig. 7

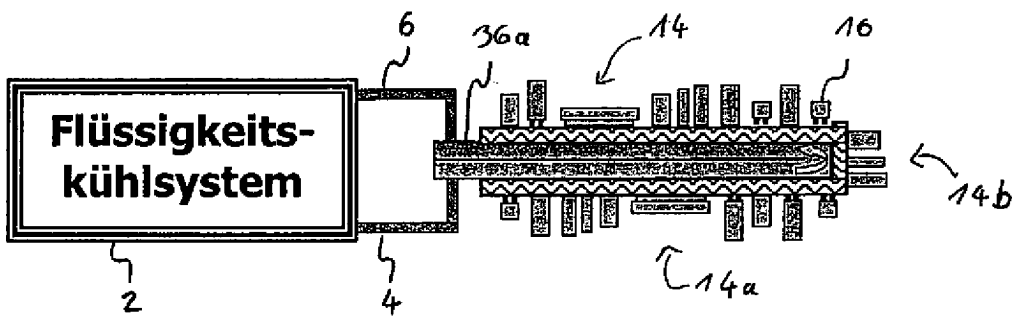


Fig. 8

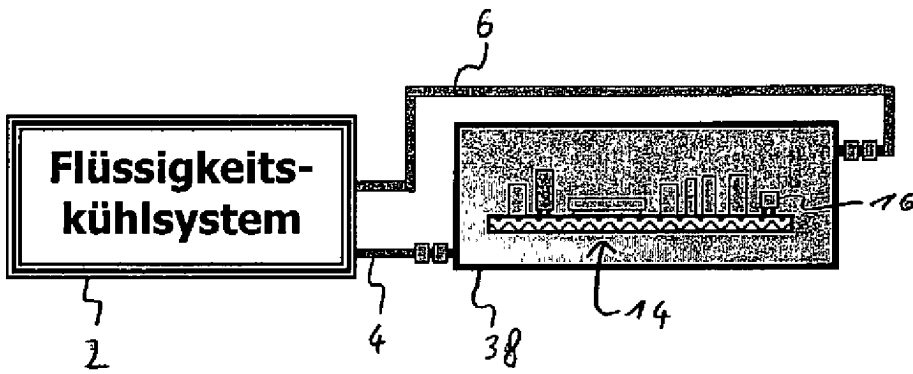


Fig. 9

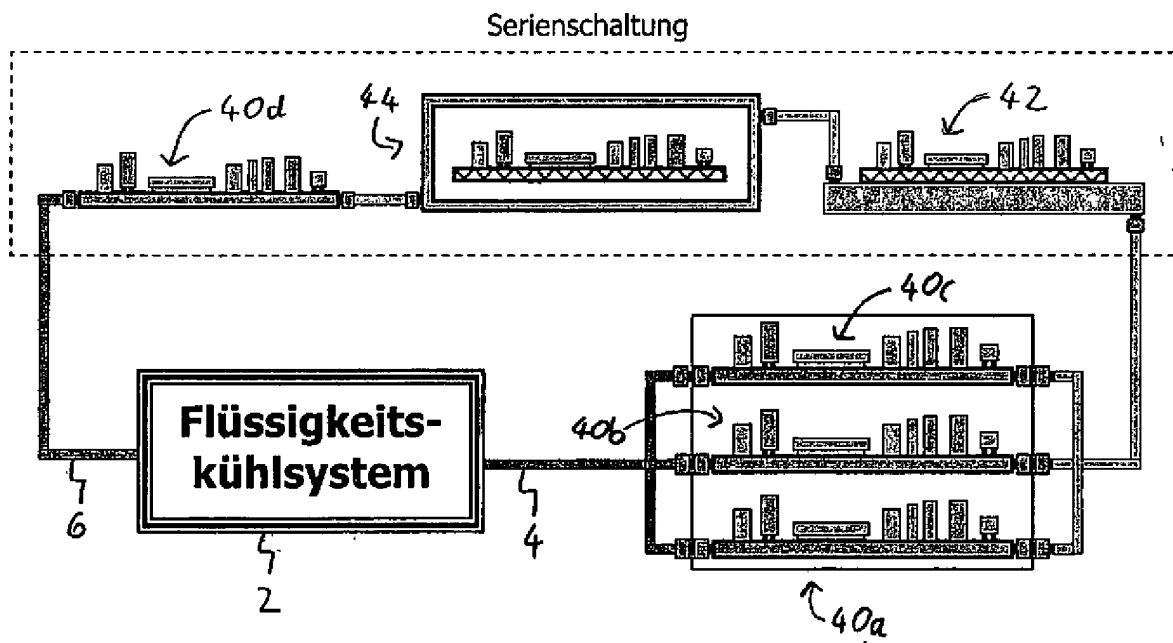


Fig. 10