

Direkte Flüssigkeitskühlung mit einem einen Sensor aufweisenden
Kühlmittelverteilerkanal

Die Erfindung geht aus von einer direkten Flüssigkeitskühlung (Direct Liquid Cooling - DLC) für eine IT-Infrastruktur mit mindestens einer kühlbedürftigen Komponente, wobei die direkte Flüssigkeitskühlung eine Kühlmittelverteilungseinheit (Coolant Distribution Unit - CDU) und einen Kühlmittelverteilerkanal aufweist, der von der Kühlmittelverteilungseinheit (CDU) mit gekühlter Flüssigkeit beaufschlagt ist. Eine derartige Anordnung beschreibt die US 2007/0274043 A1.

Die US 2023/240053 A1 beschreibt eine direkte Flüssigkeitskühlung, bei der der Kühlmittelverteilerkanal mindestens einen Sensor aufweist. Weitere direkte Flüssigkeitskühlungen sind aus der US 2022/0039291 A1, der US 2023/0060854 A1 und der US 2023/0060854 A1 bekannt.

Die US 9,668,382 B2, die US 11,310,939 B2 und die US 11,395,443 B2 beschreiben bekannte Kühlmittelverteilungseinheiten (CDU), bei denen die für die Bereitstellung und Beaufschlagung des Kühlmittelverteilerkanals mit gekühlter Flüssigkeit erforderlichen Komponenten in einem als Einschubgerät ausgebildeten Gehäuse untergebracht sind, z.B. einschließlich, jedoch auch nicht beschränkt auf: mindestens eine Pumpe, vorzugsweise mehrere redundante Pumpen, ein Wärmetauscher, ein Ausdehnungsgefäß, Druck-, Durchfluss- und/oder Temperatursensoren, ein Dreiwegeventil mit Bypass-Ventil, eine AC-Stromversorgung, ein Steuergerät, ein Serviceventil, ein Filter, ein automatischer Entlüfter, ein Druckbegrenzungsventil oder ein Durchflussmengenregelventil. Für die Rückkühlung kann die Kühlmittelverteilungseinheit einen Flüssigkeit-Flüssigkeit-Wärmetauscher sowie Anschlüsse für den Vorlauf und den Rücklauf einer Kühlflüssigkeit, z.B. Wasser, aufweisen. Die Kühlflüssigkeit kann von einem Kaltwassersatz, einem Chiller oder dergleichen bereitgestellt werden. Anstelle eines Flüssigkeit-Flüssigkeit-Wärmetauscher kann ein Luft-Flüssigkeit-Wärmetauscher vorgesehen sein, der mit einem Lüfter, vorzugsweise einem Filterlüfter, mit Luft aus der Umgebung der Kühlmittelverteilungseinheit für die Rückkühlung der Kühlflüssigkeit der direkten Flüssigkeitskühlung beaufschlagt wird.

Die bekannten Kühlmittelverteilungseinheiten (CDU) haben den Nachteil, dass sie als eine einzige Baugruppe, beispielsweise als ein Einschubgerät für den Einbau in einen 19 Zoll-Einbaurahmen eines IT-Racks, bereitgestellt sind, die eine Vielzahl störanfälliger Komponenten vereinigt. Beim Ausfall einer dieser Komponenten, insbesondere eines der genannten Sensoren, muss die gesamte Kühlmittelverteilungseinheit ausgetauscht werden. Dies ist häufig mit einer Unterbrechung der von der CDU bereitgestellten Kühlung verbunden. Dies wiederum kann den Ausfall der IT-Infrastruktur, beispielsweise von Servern, bedingen.

Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, eine direkte Flüssigkeitskühlung vorzuschlagen, die eine hohe Wartungsfreundlichkeit aufweist und insbesondere den Austausch von Sensoren einer CDU erlaubt. Diese Aufgabe wird von einer direkten Flüssigkeitskühlung (DLC) mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Die abhängigen Ansprüche betreffen jeweils vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung.

Demgemäß ist vorgesehen, dass der Kühlmittelverteilerkanal mindestens einen Sensor aufweist, mit dem mindestens eine physikalische Messgröße in Bezug auf die Flüssigkeit in dem Kühlmittelverteilerkanal bestimmt ist.

Es kann insbesondere vorgesehen sein, dass der Sensor einen Sensor ersetzt oder ein Sensor ist, der anderenfalls in der CDU bereitgestellt sein müsste, insbesondere in einem Gehäuse der CDU. Der Sensor kann beispielsweise ein Temperatursensor, ein Drucksensor, ein Durchflusssensor und/oder ein Sensor für die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit der Flüssigkeit sein. Der Sensor ist jedoch nicht auf diese Ausführungsformen beschränkt. Der Sensor kann insbesondere jeder mögliche Sensor einer CDU sein, der dazu eingerichtet ist, eine physikalische Messgröße in Bezug auf die Kühlflüssigkeit zu bestimmen, zum Beispiel in Bezug auf einen Vorlauf und/oder einen Rücklauf eines Innenkreises der CDU, der mit dem Kühlmittelverteilerkanal einen Flüssigkeitskreislauf bildet.

Das IT-Rack kann ein Rahmengestell eines Schaltschranks aufweisen, bestehend aus vier Vertikalstreben und acht Horizontalstreben. Mehrere IT-Racks können eine Schaltschrankreihe bilden. Die DLC kann als Einzelschranklösung oder als Lösung für die Versorgung einer Schaltschrankreihe mit gekühlter Flüssigkeit ausgelegt sein. Die DLC kann in demselben IT-Rack wie die kühlbedürftigen Komponenten, beispielsweise Servereinschübe, angeordnet sein. Die DLC kann auch dazu eingerichtet sein, mit ihren Komponenten, beispielsweise Pumpeinheiten, Wärmeübertrager, Steuergeräten, usw.,

sofern diese nicht Bestandteil einer CDU sind, bzw. mindestens eine CDU, etc., ein ganzes IT-Rack einzunehmen, welches mithin die Funktion eines Kühlracks hat. Das Kühlgerät kann in eine Reihe von Schaltschränken oder IT-Racks eingereiht sein und in den benachbarten IT-Racks eingebaute kühlbedürftige Komponenten, beispielsweise Servereinschübe, mit gekühlter Flüssigkeit versorgen. Jedes der mit Kühlflüssigkeit versorgten IT-Racks kann einen Kühlmittelverteilerkanal aufweisen, der von einer CDU des Kühlracks mit gekühlter Flüssigkeit versorgt wird. In einem Rechenzentrum kann die Schaltschrankreihe einen Warmgang von einem Kaltgang trennen.

Der Kühlmittelverteilerkanal kann in vertikaler Erstreckung in einem IT-Rack angeordnet sein, beispielsweise im Bereich einer Rückseite des IT-Racks. Der Kühlmittelverteilerkanal kann an einer Vertikalstrebe des IT-Racks, insbesondere an einer rückseitigen Vertikalstrebe des IT-Racks angeordnet sein. In dem IT-Rack kann die IT-Infrastruktur in Form von Einschubgeräten bereitgestellt sein, beispielsweise als Servereinschübe, die beispielsweise in einem 19-Zoll-Einbaurahmen montiert sind. Die CDU kann ebenfalls als ein Einschubgerät ausgebildet sein.

Der Kühlmittelverteilerkanal kann an einer Vorderseite, einer Rückseite oder einer vertikalen Seitenwand eines IT-Racks angeordnet sein, insbesondere zugänglich von einer der genannten Seiten des IT-Racks. Dies wiederum bedingt, dass der mit dem Kühlmittelverteilerkanal bereitgestellte Sensor besonders leicht zugänglich ist, beispielsweise um ihn im Versagensfall besonders leicht austauschen zu können. Der Sensor kann beispielsweise mit einer Schnellverschlusskupplung, vorzugsweise einer tropffreien Schnellverschlusskupplung, an dem Kühlmittelverteilerkanal, vorzugsweise oder an einer Vorlaufleitung oder einer Rücklaufleitung montiert sein, Besonders bevorzugt von der Außenseite zugänglich montiert sein. Der Sensor kann im Einbauzustand mit seinem Messgrößen-Aufnehmer in sensorischem Kontakt mit dem Kühlmittelverteilerkanal, beispielsweise mit einer in dem Kühlmittelverteilerkanal, beispielsweise in einer Vorlaufleitung oder eine Rücklaufleitung des Kühlmittelverteilerkanals, geführten Flüssigkeit oder Gasatmosphäre stehen. Der mindestens eine Sensor kann in den Kühlmittelverteilerkanal integriert sein, ist jedoch vorzugsweise nicht vollständig im Innern des Kühlmittelverteilerkanals aufgenommen. Vorzugsweise ist er von einer Außenseite des Kühlmittelverteilerkanals zugänglich und damit leicht austauschbar. Der mindestens eine Sensor kann insbesondere unmittelbar auf einer Außenseite bzw. durch eine Außenseite des Kühlmittelverteilerkanals hindurch an beziehungsweise in dem Kühlmittelverteilerkanal, beispielsweise in einer Vorlaufleitung oder einer Rücklaufleitung, montiert sein.

Der mindestens eine Sensor kann jedoch auch in einer Anschlussleitung des Kühlmittelverteilerkanals, vorzugsweise unmittelbar vor einer Einmündung der Anschlussleitung in den Kühlmittelverteilerkanal, angeordnet sein. Die Anschlussleitung kann dazu eingerichtet sein, den Kühlmittelverteilerkanal mit der CDU fluidisch zu verbinden. Es kann jeweils eine Anschlussleitung für eine Vorlaufleitung und eine Rücklaufleitung des Kühlmittelverteilerkanals vorgesehen sein. Es kann mindestens eine Anschlussarmatur vorgesehen sein, über welche die Anschlussleitung an dem Kühlmittelverteilerkanal, insbesondere an einer Vorlaufleitung oder einer Rücklaufleitung des Kühlmittelverteilerkanals, angeschlossen ist, wobei der mindestens eine Sensor in die Armatur integriert sein kann. Vorzugsweise ist jeweils eine separate Anschlussarmatur für den Anschluss einer ersten Anschlussleitung an eine Vorlaufleitung des Kühlmittelverteilerkanals und eine zweite Anschlussarmatur für den Anschluss einer zweiten Anschlussleitung an eine Rücklaufleitung des Kühlmittelverteilerkanals vorgesehen.

Die Armatur kann durch Schnellverschlusskupplungen in die Anschlussleitung integriert oder daran angeschlossen sein. Alternativ kann die Armatur mit Schnellverschlusskupplungen einerseits mit dem Kühlmittelverteilerkanal, insbesondere einer Vorlaufleitung und/oder einer Rücklaufleitung, und andererseits mit der Anschlussleitung verbunden sein. Die Armatur kann aber auch ohne eine Schnellverschlusskupplung mit dem Kühlmittelverteilerkanal verbunden sein, beispielsweise über eine Schraubverbindung oder über eine stoffschlüssige Fügeverbindung. In diesem Fall ist bevorzugt, dass der mindestens eine Sensor über eine Schnellverschlusskupplung mit der Armatur verbunden ist.

Der Kühlmittelverteilerkanal kann mehrteilig ausgebildet sein, insbesondere eine Vorlaufleitung und eine Rücklaufleitung aufweisen, die als voneinander getrennte Leitungen oder Kanäle ausgebildet sind. Es kann vorgesehen sein, dass die beiden voneinander getrennt ausgebildeten Leitungen oder Kanäle an gegenüberliegenden Vertikalstreben eines IT-Racks angeordnet, insbesondere daran befestigt sind, beispielsweise an einer Rückseite eines IT-Racks. Die Leitungen bzw. Kanäle können an einer Systemlochung einer Vertikalstrebe befestigt, beispielsweise verschraubt sein. Mindestens eine von Vorlaufleitung und Rücklaufleitung kann den mindestens einen Sensor aufweisen. Vorzugsweise weisen beide Leitungen jeweils einen Sensor auf, beispielsweise einen Temperatursensor, einen Drucksensor, einen Durchflusssensor, und/oder einen Sensor zur Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit der Kühlflüssigkeit. Die Steuerung der CDU kann von einer Differenz der von den beiden

Sensoren bestimmten Messwerte abhängen. Vorzugsweise weisen sowohl die Vorlaufleitung als auch die Rücklaufleitung gleichartige Sensoren auf, wodurch eine Differenzmessung in Bezug auf eine erfasste Messgröße ermöglicht wird. Beispielsweise kann eine Pumpleistung einer Pumpeinheit der CDU, eine Kühlleistung eines Wärmeübertragers der CDU, ein Öffnungsquerschnitt eines Ventils der CDU oder ein anderer variabler Betriebsparameter der CDU von der bestimmten Messwertdifferenz abhängen.

Es kann vorgesehen sein, dass bis auf den mindestens einen Sensor, den der Kühlmittelverteilerkanal aufweist, sämtliche anderen funktionalen Komponenten in einem einzigen Einbaugerät aufgenommen sind. Dies erlaubt die Verwendung von Kühlmittelverteilungseinheiten (CDU), welche bis auf den mindestens einen Sensor sämtliche im Übrigen erforderlichen Komponenten einer CDU aufweisen.

Unabhängig von der mit dem Kühlmittelverteilerkanals bereitgestellten Sensorik kann auch mindestens eine weitere funktionale Komponente einer CDU als eine von der übrigen CDU, insbesondere einem Gehäuse der CDU, unabhängige Komponente bereitgestellt werden. Dies kann beispielsweise, jedoch nicht einschränkend, ein Wärmetauscher, ein Vorratsbehälter für Kühlflüssigkeit, ein Steuergerät, eine Stromversorgung (Netzteil), oder mindestens eine Pumpeinheit sein. So ist es etwa möglich, dass unabhängig von der CDU mindestens eine Pumpeinheit, vorzugsweise mehrere Pumpeinheiten, bereitgestellt wird. Mehrere Pumpeinheiten können eine Redundanz aufweisen, sodass bei dem Ausfall einer der mehreren Pumpeinheiten die DLC weiterbetrieben werden kann, gegebenenfalls mit herabgesetzter Pumpleistung. Für den Austausch einer defekten Pumpeinheit muss der Betrieb der DLC und damit der IT-Infrastruktur, beispielsweise von Servern, nicht unterbrochen werden.

Optional kann vorgesehen sein, dass das IT-Rack eine Stromverteilung aufweist. Wenn der Kühlmittelverteilerkanal an einer Rückseite des IT-Racks angeordnet ist, kann er in derselben Montageebene wie die Stromverteilung des IT-Racks angeordnet sein, insbesondere wie eine Stromschiene zur Bereitstellung einer Gleichspannung für Einbauten des IT-Racks, beispielsweise Einschubgeräte, beispielsweise Server und/oder Einschubgeräte der direkten Flüssigkeitskühlung, beispielsweise einer CDU. Anstelle in derselben Montageebene können der Kühlmittelverteilerkanal und die Stromschiene auch in eng benachbarten, insbesondere parallelen Ebenen an der Rückseite des IT-Racks angeordnet sein. Die Stromschiene kann sich parallel zu dem Kühlmittelverteilerkanal erstrecken. Insbesondere können sich die Stromschiene und

der Kühlmittelverteilerkanal vertikal erstrecken. Wenn der Kühlmittelverteilerkanal eine Vorlaufleitung und eine Rücklaufleitung aufweist, die als voneinander getrennte Leitungen ausgebildet sind, kann die Stromschiene zwischen den beiden Leitungen des Kühlmittelverteilerkanals angeordnet sein, insbesondere in derselben Montageebene. Die beiden Leitungen können an gegenüberliegenden Vertikalstreben des IT-Racks angeordnet sein, insbesondere an rückseitigen Vertikalstreben des IT-Racks, während die Stromschiene mittig dazwischen angeordnet ist. Eine Anschlussleitung des Kühlmittelverteilerkanals kann in derselben Montageebene wie der Kühlmittelverteilerkanal bzw. eine Vorlaufleitung und eine Rücklaufleitung des Kühlmittelverteilerkanals angeordnet sein, gegebenenfalls weiterhin in derselben Montageebene wie eine Stromschiene für eine Spannungsversorgung des IT-Racks, insbesondere eine Gleichspannungsversorgung.

Der Kühlmittelverteilerkanal kann eine Vorlaufleitung mit einer Vielzahl Auslässen für gekühlte Kühlflüssigkeit und eine Rücklaufleitung mit einer Vielzahl Einlässen für erwärmte Kühlflüssigkeit aufweisen. Zumindest eine von Vorlaufleitung und Rücklaufleitung kann den mindestens einen Sensor aufweisen. Vorzugsweise weisen sowohl die Vorlaufleitung als auch die Rücklaufleitung jeweils einen Sensor auf. Besonders bevorzugt sind die beiden Sensoren für eine Differenzmessung eines Messwerts eingerichtet. Dazu können die Sensoren vorzugsweise gleichartig sein, zumindest in Bezug auf die bestimmte Messgröße. Eine ermittelte Differenz der Messwerte kann für die Regelung der DLC, insbesondere einer von der CDU bereitgestellten Kühlleistung, berücksichtigt werden. Beispielsweise kann eine Pumpleistung und/oder ein Kühlmittelvolumenstrom durch den Kühlmittelverteilerkanal abhängig von dem gemessenen Differenzwert eingestellt werden.

Wenn der mindestens eine Sensor in oder an einer Vorlaufleitung des Kühlmittelverteilerkanals angeordnet ist, kann ein Messgrößen-Aufnehmer des mindestens einen Sensors dazu eingerichtet sein, eine Messgröße in Bezug auf eine gekühlte Kühlflüssigkeit in der Vorlaufleitung aufzunehmen. Wenn der mindestens eine Sensor in oder an eine Rücklaufleitung des Kühlmittelverteilerkanals angeordnet ist, kann der Messgrößen-Aufnehmer dazu eingerichtet sein, eine Messgröße in Bezug auf eine erwärmte Kühlflüssigkeit in der Rücklaufleitung aufzunehmen.

Die Vorlaufleitung kann einen ersten Temperatursensor aufweisen, der dazu eingerichtet ist, die Temperatur der in der Vorlaufleitung geführten Kühlflüssigkeit zu

bestimmen. Die Rücklaufleitung kann einen zweiten Temperatursensor aufweisen, der dazu eingerichtet ist, die Temperatur der in der Rücklaufleitung geführten Kühlflüssigkeit zu bestimmen.

Der mindestens eine Sensor kann an einem Kühlmittelinlass der Vorlaufleitung des Kühlmittelverteilerkanals oder an einem Kühlmittelauslass der Rücklaufleitung des Kühlmittelverteilerkanals angeordnet sein. Vorzugsweise ist ein erster Sensor an dem Kühlmittelinlass der Vorlaufleitung und ein zweiter Sensor an dem Kühlmittelauslass der Rücklaufleitung vorgesehen, vorzugsweise für die zuvor beschriebene Steuerung der DLC, insbesondere einer CDU, abhängig von einer ermittelten Messwertdifferenz.

Der mindestens eine Sensor kann an einem Kühlmittelinlass der Vorlaufleitung des Kühlmittelverteilerkanals oder an einem Kühlmittelauslass der Rücklaufleitung des Kühlmittelverteilerkanals angeordnet sein. Alternativ oder zusätzlich kann der mindestens eine Sensor an oder auf einer Außenseite des Kühlmittelverteilerkanals angeordnet oder von der Außenseite des Kühlmittelverteilerkanals zugänglich sein.

Der Kühlmittelverteilerkanal weist vorzugsweise eine Vorlaufleitung mit einer Vielzahl Auslässen für gekühlte Kühlflüssigkeit und eine Rücklaufleitung mit einer Vielzahl Einlässen für erwärmte Kühlflüssigkeit auf. Vorzugsweise weist mindestens eine von Vorlaufleitung und Rücklaufleitung eine Armatur auf, über die die jeweilige Leitung mit der Kühlmittelverteilungseinheit fluidisch verbunden ist. Die Armatur kann den mindestens einen Sensor aufweisen. Der mindestens eine Sensor kann mit der Armatur lösbar verbunden sein, beispielsweise über eine Schnellverschlusskupplung. Der Sensor kann jedoch auch unlösbar mit der Armatur verbunden sein. Bei dieser Ausführungsform sollte die Armatur lösbar mit der Vorlaufleitung und/oder Rücklaufleitung verbunden sein, vorzugsweise über eine Schnellverschlusskupplung, um im Wartungsfall, beispielsweise bei Versagen des mindestens einen Sensors, einen zügigen Austausch der Armatur zu ermöglichen. Die Armatur kann unmittelbar am Einlass der Vorlaufleitung und/oder am Auslass der Rücklaufleitung angeordnet sein. Die Armatur kann mit einer Schnellverschlusskupplung unmittelbar an dem Einlass und/oder an dem Auslass fluidisch angeschlossen sein. Der mindestens eine Sensor kann über eine Schnellverschlusskupplung an der Armatur fluidisch angeschlossen sein.

Vorzugsweise ist mindestens ein Sensor, bevor besonders bevorzugt wenigstens ein Drucksensor, mit einer Schnellverschlusskupplung an dem Kühlmittelverteilerkanal

installiert. Besonders bevorzugt ist jeweils mindestens ein Sensor, vorzugsweise ein Drucksensor, an einer Vorlaufleitung und an einer Rücklaufleitung des Kühlmittelverteilerkanals mit jeweils einer Schnellverschlusskupplung installiert.

Der Kühlmittelverteilerkanal kann eine Kabelführung, vorzugsweise einen Kabelkanal aufweisen, mit dem ein Sensorkabel des mindestens einen Sensors entlang des Kühlmittelverteilerkanals geführt ist, vorzugsweise an einer Außenseite des Kühlmittelverteilerkanals. Dies ermöglicht im Wartungsfall neben dem Austausch des Sensors gleichermaßen den einfachen Austausch des Sensorkabels, mithin einer Signalleitung, welche gegebenenfalls ursächlich für eine Störung der direkten Flüssigkeitskühlung sein kann.

Die zuvor beschriebene direkte Flüssigkeitskühlung schlägt ein wartungsfreundliches System mit hoher Zuverlässigkeit vor, mit dem ein Kühlmittel, etwa 24/7/365, kühlbedürftigen IT-Komponenten zugeführt werden kann, beispielsweise Plattenwärmetauschern für die Kühlung von CPUs, GPUs und dergleichen, oder Einbaugeräten einer IT-Infrastruktur, beispielsweise Servereinbauten.

Die Verteilung der Kühlflüssigkeit an die Geräte der IT-Infrastruktur wird von der CDU (Cooling Distribution Unit) übernommen. Die CDU trennt das von einem Rückkühler, beispielsweise einer Kältemaschinen oder einem Freikühlsystemen, bereitgestellte Kühlmittel (z.B. Facility Wasser – Primärkreislauf) und die Kühlflüssigkeit, die durch die Geräte der IT-Infrastruktur fließt (Sekundärkreislauf) in zwei Kreisläufe. Die CDU ist üblicherweise dazu eingerichtet, die Kühlflüssigkeit in dem Sekundärkreislauf mit einer Solltemperatur und einem Solldruck den kühlbedürftigen Komponenten, beispielsweise den Geräten der IT-Infrastruktur, zuzuleiten und durch diese hindurchzuführen. CDUs, die in Rechenzentren eingesetzt werden, sind häufig schwer zu reparieren und sie sind unflexibel, wenn es darum geht, die Leistung der CDU zu erhöhen. Anstatt den wenigstens einen Sensor, etwa einen Temperatur-, Druck-, Durchfluss- oder einen anderen Sensor, in die CDU, insbesondere ein Gehäuse der CDU, zu integrieren, wird vorgeschlagen, den wenigstens einen Sensor in Verbindung mit dem Kühlmittelverteilerkanal bereitzustellen bzw. an diesem, vorzugsweise von der Außenseite des Kühlmittelverteilerkanals leicht zugänglich, vorzusehen, oder in Verbindung mit einem Anschlusssystem für den Kühlmittelverteilerkanal, beispielsweise einer Armatur, zur Verfügung zu stellen, wodurch der Sensor im Wartungsfall leicht zugänglich und damit leicht auszutauschen ist.

Bei einer Ausführungsform kann wenigstens ein Temperatursensor und/oder wenigstens ein Drucksensor jeweils in einer Armatur oder an einer Armatur in Strömungsrichtung des Kühlmittels vor einem Kühlmittleinlass oder in Strömungsrichtung hinter einem Kühlmittelauslass des Kühlmittelverteilerkanals bereitgestellt werden.

Der wenigstens eine Sensor, insbesondere wenigstens ein Drucksensor, kann mittels einer (auslaufsicheren) Schnellverschlusskupplung oder einer sogenannten Non-Spill Quick-Release Kupplung an dem Kühlmittelverteilerkanal oder in einer Armatur bzw. an einer Armatur installiert sein. Dies ermöglicht bei einer Ausführungsform einen einfachen und schnellen Austausch der Sensoren, gegebenenfalls ohne dass die direkte Flüssigkeitskühlung ausgesetzt werden muss.

Weitere Einzelheiten der Erfindung werden anhand der Figuren erläutert. Die Erfindung soll jedoch nicht auf die in den Figuren gezeigten Ausführungsformen, welche über die für die Erfindung wesentlichen Merkmale hinausgehende Merkmale aufweisen können, beschränkt sein. Dabei zeigt:

- Figur 1 in schematischer Darstellung eine direkte Flüssigkeitskühlung;
- Figur 2 eine Kühlmittelverteilungseinheit (CDU) mit reduziertem Funktionsumfang;
- Figur 3 ein IT-Rack mit darin aufgenommener direkter Flüssigkeitskühlung (DLC);
- Figur 4 eine beispielhafte Ausführungsform eines Kühlmittelverteilerkanal; und
- Figur 5 eine weitere Ausführungsform eines Kühlmittelverteilerkanals.

Figur 1 zeigt in schematischer Darstellung eine direkte Flüssigkeitskühlung (DLC). Von einem Rückkühler 16, der beispielsweise als ein Chiller, mit oder ohne Kältemaschine, ausgebildet sein kann, wird gekühlte Flüssigkeit bereitgestellt. Der Rückkühler 16 weist dazu beispielsweise einen Luft-Flüssigkeit-Wärmetauscher sowie mindestens einen Lüfter auf, mit dem Umgebungsluft durch den Luft-Flüssigkeit-Wärmetauscher transportiert wird. Die von dem Rückkühler bereitgestellte gekühlte Flüssigkeit wird einer Kühlmittelverteilungseinheit (CDU) zugeführt, insbesondere über den Vorlauf

eines Außenkreises der CDU. Über einen Rücklauf des Außenkreises verlässt die von dem Rückkühler bereitgestellte Flüssigkeit die CDU als erwärmte Flüssigkeit. Der Außenkreis der CDU, welcher zugleich den Flüssigkeitskreislauf des Rückkühlers 16 bildet, ist mit dem Bezugszeichen 17 gekennzeichnet.

Die Kühlmittelverteilungseinheit CDU weist insbesondere einen Flüssigkeit-Flüssigkeit-Wärmetauscher sowie wenigstens eine Pumpe auf, um Flüssigkeit durch den Innenkreis 15 der CDU zu transportieren. Der Vorlauf des Innenkreises der CDU ist mit einem Rücklauf eines Kühlmittelverteilerkanals 7 und der Rücklauf des Innenkreises 15 der CDU mit einem Vorlauf des Kühlmittelverteilerkanals 7 verbunden. Der Kühlmittelverteilerkanal 7 kann in der Längsrichtung, mithin in der Vertikalrichtung zueinander beabstandet mehrere Anschlüsse einerseits an einen Vorlauf des Kühlmittelverteilerkanals 7, über den gekühlte Kühlflüssigkeit bereitgestellt wird, und andererseits an einen Rücklauf des Kühlmittelverteilerkanals 7, über den erwärmte Kühlflüssigkeit abgeführt wird, aufweisen. Die Einschubgeräte 2 können beispielsweise Servereinschübe einer IT-Infrastruktur sein, die beispielsweise in der aus der US 2007/0274043 A1 bekannten Weise an den Kühlmittelverteilerkanal 7 angeschlossen sind. In den Einschubgeräten überströmt die Kühlflüssigkeit, die vorzugsweise ein elektrisch nichtleitendes Kältemittel ist, die kühlbedürftigen Komponenten, beispielsweise CPUs, oder GPUs, oder ein sonstiges Bauteil, welches eine hohe Verlustleistung und im Übrigen eine hohe Temperaturempfindlichkeit aufweist, so dass eine Luftkühlung aufgrund der geringeren Wärmeleitfähigkeit von Luft im Vergleich zu Flüssigkeit ungeeignet ist.

Figur 2 zeigt eine beispielhafte Ausführungsform einer CDU, welches gegenüber den aus dem Stand der Technik bekannten CDUs eine herabgesetzte Funktionalität aufweist. Insbesondere weist die CDU nicht den wenigstens einen Sensor auf, welcher erfindungsgemäß dem Kühlmittelverteilerkanal der DLC zugeordnet ist. Dadurch weist die CDU eine geringere Störanfälligkeit und die DLC als Ganzes eine erhöhte Wartungsfreundlichkeit auf

Das Einschubgerät 2.1 weist ein Gehäuse 13 auf, welches beispielsweise in Bezug auf seine Abmessungen standardisiert sein kann, beispielsweise zumindest dahingehend, dass mit dem Einschieben des Einschubgeräts 2.1 in einen Einschub eines IT-Racks sowohl eine Kontaktierung der ersten als auch der zweiten Blindkupplungssteckverbindung 6.1, 6.2 für eine elektrische Kontaktierung einer Stromverteilung einerseits und die fluidische Verbindung an die direkte

Flüssigkeitskühlung, insbesondere einen Kühlmittelverteilerkanal, selbsttätig, das heißt insbesondere werkzeuglos erfolgen kann. Die Blindkupplungssteckverbindungen für die elektrische und/oder fluidische Anbindung des Geräts ist optional. In dem Gehäuse 13 sind drei redundante Pumpen 14 angeordnet, die insbesondere parallel zueinander verschaltet sind. In dem Gehäuse 13 ist weiterhin ein Wärmeübertrager 12, insbesondere ein Flüssigkeit-Flüssigkeit-Wärmetauscher angeordnet. Die Ausführungsform gemäß Figur 2 weist in dem Gehäuse 13 keine Sensorik für die Erfassung einer physikalischen Messgröße in Bezug auf die Kühlflüssigkeit auf. Die in Figur 2 gezeigte Einheit weist somit eine hohe Ausfallunempfindlichkeit auf. Aufgrund der Verwendung der ersten und der zweiten Blindkupplungssteckverbinder 6.1, 6.2 ist die gesamte Einheit, das heißt das Einschubgerät 2.1, im Versagensfall sämtlicher Pumpen oder bei nachlassender Pumpenleistung schnell und ohne relevante Ausfallzeiten austauschbar. Eine weitere Redundanz der direkten Flüssigkeitskühlung (DLC) kann dadurch erreicht werden, dass gleich mehrere der in Figur 2 gezeigten Einschubgeräte 2.1 vorgesehen sind, die wiederum untereinander parallelgeschaltet sind, so dass selbst bei dem Versagen sämtlicher der vorliegend drei Pumpen 14 eines der mehreren Einschubgeräte 2.1 der Weiterbetrieb der DLC gesichert ist und Ausfallzeiten im Wesentlichen vollständig vermieden werden können.

Die Figur 3 zeigt ein beispielhaftes IT-Rack 1 in perspektivischer Vorderansicht. Das IT-Rack 1 weist ein Rahmengestell aus vier Vertikalstreben und acht Horizontalstreben auf, die jeweils rechteckige Profilrahmen bilden. An einem rückseitigen Profilrahmen ist an den gegenüberliegenden Vertikalstreben ein Kühlmittelverteilerkanal 7 angeordnet, insbesondere eine Vorlaufleitung 7.1 an einer erster der gegenüberliegenden Vertikalstreben und eine Rücklaufleitung 7.2 an einer zweiten der gegenüberliegenden Vertikalstreben. Durch die räumliche Trennung besteht kein thermischer Kurzschluss zwischen dem Vorlauf und dem Rücklauf, wodurch der Wirkungsgrad des Kühlmittelverteilerkanals 7 erhöht wird.

Die in Figur 3 gezeigte Ausführungsform zeigt weiterhin eine Gleichspannungsversorgung 5 mit einer Stromschiene, die sich entlang der Rückseite des IT-Racks 1 erstreckt, mithin an der Rückseite, an der auch der Kühlmittelverteilerkanal 7 angeordnet ist. Insbesondere ist die Spannungsversorgung 5, insbesondere die Stromschiene, zwischen der Vorlaufleitung 7.1 und der Rücklaufleitung 7.2 angeordnet, insbesondere mittig zwischen den genannten Leitungen. Während die Vorlaufleitung 7.1 und die Rücklaufleitung 7.2 jeweils an einem Vertikalprofil befestigt sind, kann die Stromschiene mit ihren

gegenüberliegenden Enden und elektrisch isoliert an einem dachseitigen und einem bodenseitigen Rahmen, insbesondere an jeweiligen Horizontalstreben, festgelegt sein.

Die Vorlaufleitung 7.1 (und analog die Rücklaufleitung 7.2, jedoch nicht dargestellt) weist eine Vielzahl Auslässe 7.3 (und die Rücklaufleitung analog eine Vielzahl Einlässe 7.4 – vergleiche Figuren 4 und 5) auf. Sowohl die kühlbedürftigen Komponenten 2, vorliegend Servereinschübe, als auch die CDU sind als Einschubgeräte ausgebildet. Eine unterbrechungsfreie Stromversorgung BBU, welche die Stromschiene 5 mit einer Gleichspannung beaufschlagt, ist ebenfalls als ein Einschubgerät ausgebildet. Über die in Figur 3 gezeigten Einschubgeräte 2, CDU, BBU hinaus können weitere Einschubgeräte über das gesamte Höhenmaß des IT-Racks 1 eingebaut sein. Gekühlte Flüssigkeit kann über die Auslässe 7.4 bzw. die nicht gezeigten Einlässe der Rücklaufleitung 7.2 über das gesamte Höhenmaß bereitgestellt sein.

Beispielhafte Ausführungsformen für einen Kühlmittelverteilerkanal 7 sind in den Figuren 4 und 5 gezeigt. Der Kühlmittelverteilerkanal 7 ist zweiteilig ausgeführt und weist eine Vorlaufleitung 7.1 und eine Rücklaufleitung 7.2 auf. Die Vorlaufleitung 7.1 weist über seine gesamte Länge in regelmäßigen oder unregelmäßigen Abständen verteilt Kühlmittelauslässe 7.3 und die Rücklaufleitung 7.2 in analoger Weise Kühlmiteleinlässe 7.4 auf. Die Vorlaufleitung 7.1 und die Rücklaufleitung 7.2 können beispielsweise in der mit Bezug auf Figur 3 gezeigten Weise an einer Vertikalstrebe eines Rahmengestells befestigt werden.

Die Vorlaufleitung und die Rücklaufleitung 7.1, 7.2 weisen jeweils eine Anschlussleitung 7.7 auf, über welche sie mit einer CDU (vergleiche Figur 3) fluidisch verbunden werden können. Insbesondere kann die Vorlaufleitung mit dem Rücklauf des Innenkreises der CDU verbunden werden. Die Anschlussleitung 7.7 der Rücklaufleitung 7.2 kann mit einer Vorlaufleitung des Innenkreises der CDU verbunden werden.

Im Bereich eines Kühlmittelauslasses 7.5 der Anschlussleitung 7.7 in die Vorlaufleitung 7.1 ist ein Sensor 300 bei der in Figur 4 gezeigten Ausführungsform angeordnet. Ein weiterer Sensor 300 ist an einem Kühlmittelauslass 7.6 angeordnet, bei dem eine weitere Anschlussleitung 7.7 in die Rücklaufleitung 7.2 mündet. Die Sensoren können beispielsweise Temperatursensoren, Drucksensoren, Durchflusssensoren, oder Sensoren zur Bestimmung einer elektrischen Leitfähigkeit eines in der Vorlaufleitung 7.1 bzw. der Rücklaufleitung 7.2 geführten Kühlmittels sein. Die Sensoren 300 sind jedoch nicht auf die beschriebenen Ausführungsformen beschränkt und können

sämtliche Sensoren 300 sein, welche geeignet sind, eine physikalische Messgröße in Bezug auf eine Kühlflüssigkeit zu bestimmen, welche für die Steuerung einer CDU geeignet sind. Die Sensoren 300 sind jeweils über eine tropffreie Schnellkupplung 310 an der Vorlaufleitung 7.1 bzw. der Rücklaufleitung 7.2 angeschlossen. Dadurch wird erreicht, dass die Sensoren beispielsweise im Versagensfall bei laufendem Betrieb der direkten Flüssigkeitskühlung ausgetauscht werden können. Da die Vorlaufleitung 7.1 und die Rücklaufleitung 7.2 häufig an der Rückseite eines IT-Racks angeordnet sind, sind die daran montierten Sensoren 300 leicht zugänglich, insbesondere leichter zugänglich, als bei direkten Flüssigkeitskühlung gemäß dem Stand der Technik, bei denen die Sensoren häufig in einer Cooling Distribution Unit (CDU) für die Rückkühlung des Kühlmittels angeordnet sind, insbesondere innerhalb eines Gehäuses der CDU, sodass im Versagensfall die gesamte CDU für die Reparatur aus dem IT-Rack entfernt und/oder vollständig durch eine funktionsfähige CDU ausgetauscht werden muss.

Bei der in Figur 5 gezeigten Ausführungsform sind die Sensoren 300 anstelle an bzw. in der Vorlaufleitung 7.1 bzw. der Rücklaufleitung 7.2 in einer Armatur 400 angeordnet. Über die Armatur 400 ist die jeweilige Anschlussleitung 7.7 von Vorlaufleitung 7.1 und Rücklaufleitung 7.2 an die jeweilige Vorlaufleitung 7.1 bzw. Rücklaufleitung 7.3 angeschlossen. Der Sensor 300 kann fest mit der Armatur 400 verbunden sein oder austauschbar, beispielsweise über eine Schnellverschlusskupplung. Analog kann auch bei der in Figur 4 gezeigten Ausführungsform der jeweilige Sensor 300 über eine Schnellverschlusskupplung an der Vorlaufleitung 7.1 bzw. der Rücklaufleitung 7.2 angeschlossen sein, beispielsweise durch eine Außenwand der jeweiligen Leitung 7.1, 7.2 hindurch und vorzugsweise in fluidischer Verbindung mit der in der jeweiligen Leitung 7.1, 7.2 geführten Kühlflüssigkeit.

Die in der zuvor genannten Beschreibung gegebenen Merkmale können in beliebiger Kombination für die Realisierung von Ausführungsformen der Erfindung relevant sein, wobei der Schutzbereich allein durch die Ansprüche bestimmt ist.

Bezugszeichenliste:

1	IT-Rack
2	Einschubgerät/kühlbedürftige Komponente
5	Stromschiene
6.1	erster Blindkupplungssteckverbinder
6.2	zweiter Blindkupplungssteckverbinder
7	Kühlmittelverteilerkanal
7.1	Vorlaufleitung
7.2	Rücklaufleitung
7.3	Auslass
7.4	Einlass
7.5	Kühlmitteleinlass
7.6	Kühlmittelauslass
7.7	Anschlussleitung
7.7	Anschlussleitung
9	Steuergerät
12	Wärmeübertrager
13	Gehäuse
14	Pumpe
15	Innenkreis
16	Rückkühler
17	Außenkreis
300	Sensor
310	(tropffreie) Schnellkupplung
400	Armatur
BBU	Unterbrechungsfreie Stromversorgung
CDU	Kühlmittelverteilungseinheit
DLC	direkte Flüssigkeitskühlung
z	Höhenrichtung

Ansprüche:

1. Direkte Flüssigkeitskühlung (DLC) für eine IT-Infrastruktur mit mindestens einer kühlbedürftigen Komponente (2), wobei die direkte Flüssigkeitskühlung eine Kühlmittelverteilungseinheit (CDU) und einen Kühlmittelverteilerkanal (7) aufweist, das von der Kühlmittelverteilungseinheit (CDU) mit gekühlter Flüssigkeit beaufschlagt ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Kühlmittelverteilerkanal (7) mindestens einen Sensor (300) aufweist, mit dem mindestens eine physikalische Messgröße in Bezug auf die Flüssigkeit in dem Kühlmittelverteilerkanal (7) bestimmt ist.
2. Direkte Flüssigkeitskühlung (DLC) nach Anspruch 1, bei der der Sensor (300) ein Temperatursensor, ein Drucksensor, Durchflusssensor und/oder ein Sensor für die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit der Flüssigkeit ist.
3. Direkte Flüssigkeitskühlung (DLC) nach Anspruch 1 oder 2, bei der der Kühlmittelverteilerkanal (7) dazu eingerichtet ist, in einem IT-Rack (1) befestigt zu werden, wobei sich der Kühlmittelverteilerkanal (7) mit seiner Längsrichtung in Vertikalrichtung erstreckt.
4. Direkte Flüssigkeitskühlung (DLC) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, bei der die Kühlmittelverteilungseinheit (CDU) dazu eingerichtet ist, in Abhängigkeit einer mit dem mindestens einen Sensor (300) bestimmten physikalischen Messgröße einen Betriebsparameter der Kühlmittelverteilungseinheit (CDU) zu steuern, vorzugsweise eine Kühlleistung zur Kühlung der Flüssigkeit und/oder eine Pumpleistung mindestens einer Pumpe (14) zur Beaufschlagung des Kühlmittelverteilerkanals (7) mit der Flüssigkeit.
5. Direkte Flüssigkeitskühlung (DLC) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, bei der der Kühlmittelverteilerkanal (7) eine Vorlaufleitung (7.1) mit einer Vielzahl Auslässen (7.2) für gekühlte Kühlflüssigkeit und eine Rücklaufleitung (7.3) mit einer Vielzahl Einlässen (7.4) für erwärmte Kühlflüssigkeit aufweist, von denen zumindest eine von Vorlaufleitung (7.1) und Rücklaufleitung (7.3) den mindestens einen Sensor (300) aufweist.

6. Direkte Flüssigkeitskühlung (DLC) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, bei der ein Messgrößen-Aufnehmer des mindestens einen Sensors (300) dazu eingerichtet ist, eine Messgröße in Bezug auf eine gekühlte Kühlflüssigkeit in der Vorlaufleitung (7.1) aufzunehmen, wenn der mindestens eine Sensor (300) in oder an der Vorlaufleitung (7.1) angeordnet ist, oder eine Messgröße in Bezug auf eine erwärmte Kühlflüssigkeit in der Rücklaufleitung (7.3) aufzunehmen, wenn der mindestens eine Sensor (300) in oder an der Rücklaufleitung (7.3) angeordnet ist.
7. Direkte Flüssigkeitskühlung (DLC) nach Anspruch 5 oder 6, bei der die Vorlaufleitung (7.1) einen ersten Temperatursensor aufweist, der dazu eingerichtet ist, die Temperatur der in der Vorlaufleitung (7.1) geführten Kühlflüssigkeit zu bestimmen, und wobei die Rücklaufleitung (7.3) einen zweiten Temperatursensor aufweist, der dazu eingerichtet ist, die Temperatur der in der Rücklaufleitung (7.3) geführten Kühlflüssigkeit zu bestimmen.
8. Direkte Flüssigkeitskühlung (DLC) nach einem der Ansprüche 5 bis 7, bei der der mindestens eine Sensor (300) an einem Kühlmittelinlass (7.5) der Vorlaufleitung (7.1) des Kühlmittelverteilerkanals (7) oder an einem Kühlmittelauslass (7.6) der Rücklaufleitung (7.3) des Kühlmittelverteilerkanals (7) angeordnet ist.
9. Direkte Flüssigkeitskühlung (DLC) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, bei der der mindestens eine Sensor (300) an oder auf einer Außenseite des Kühlmittelverteilerkanals (7) angeordnet oder von der Außenseite des Kühlmittelverteilerkanals (7) zugänglich ist.
10. Direkte Flüssigkeitskühlung (DLC) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, bei der der Kühlmittelverteilerkanal (7) eine Vorlaufleitung (7.1) mit einer Vielzahl Auslässe für gekühlte Kühlflüssigkeit und eine Rücklaufleitung (7.3) mit einer Vielzahl Einlässe für erwärmte Kühlflüssigkeit aufweist, von denen zumindest eine von Vorlaufleitung (7.1) und Rücklaufleitung (7.3) eine Armatur aufweist, über die die jeweilige Leitung mit der Kühlmittelverteilungseinheit (CDU) fluidisch verbunden ist, wobei die Armatur den mindestens einen Sensor (300) aufweist.

11. Direkte Flüssigkeitskühlung (DLC) nach Anspruch 10, bei der die Armatur unmittelbar am Einlass der Vorlaufleitung (7.1) und/oder am Auslass der Rücklaufleitung (7.3) angeordnet ist.
12. Direkte Flüssigkeitskühlung (DLC) nach Anspruch 11, bei der die Armatur mit einer Schnellverschlusskupplung an dem Einlass und/oder an dem Auslass fluidisch angeschlossen ist.
13. Direkte Flüssigkeitskühlung (DLC) nach Anspruch 11 oder 12, bei der der mindestens einen Sensor (300) über eine Schnellverschlusskupplung an der Armatur fluidisch angeschlossen ist.
14. Direkte Flüssigkeitskühlung (DLC) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, bei der mindestens ein Sensor (300), vorzugsweise wenigstens ein Drucksensor, mit einer Schnellverschlusskupplung an dem Kühlmittelverteilerkanal (7) installiert ist.
15. Direkte Flüssigkeitskühlung (DLC) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, bei der der Kühlmittelverteilerkanal (7) eine Kabelführung, vorzugsweise einen Kabelkanal, aufweist, mit dem ein Sensorkabel des mindestens einen Sensors (300) entlang des Kühlmittelverteilerkanals (7) geführt ist, vorzugsweise an einer Außenseite des Kühlmittelverteilerkanals (7).