



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 60 2005 005 859 T2** 2009.05.20

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 829 441 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **60 2005 005 859.1**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/EP2005/056581**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **05 817 223.0**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2006/061404**

(86) PCT-Anmeldetag: **07.12.2005**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **15.06.2006**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **05.09.2007**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **02.04.2008**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **20.05.2009**

(51) Int Cl.⁸: **H05K 7/20** (2006.01)
F25D 23/12 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

8711 09.12.2004 US

(73) Patentinhaber:

**International Business Machines Corp., Armonk,
N.Y., US**

(74) Vertreter:

**Duscher, R., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw.,
70176 Stuttgart**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, HU, IE, IS, IT, LI, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO,
SE, SI, SK, TR**

(72) Erfinder:

**CAMPBELL, Levi, New Paltz, New York 12561, US;
CHU, Richard, Hopewell Junction, New York
12533, US; ELLSWORTH, Michael, Lagrangeville,
New York 12540, US; IYENGAR, Madhusudan c/o
IBM UK Limited IPL, Hampshire SO21 2JN, GB;
SCHMIDT, Roger, Poughkeepsie, New York 12601,
US; SIMONS, Robert, Poughkeepsie, New York
12603, US**

(54) Bezeichnung: **KÜHLSYSTEM UND -VERFAHREN**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung ist auf Kühlanordnungen und andere Vorrichtungen gerichtet, die zum Abführen von Wärme von Elektroneinheiten, -modulen und -systemen verwendet werden. Genauer betrifft diese Erfindung ein verbessertes Kühlsystem und -verfahren, um Wärme erzeugenden Komponenten eines oder mehrerer Elektronikteilsysteme eines oder mehrerer Elektronikgestelle Wärme zu entziehen.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Da die Schaltkreisdichte von Elektronikbausteineinheiten ständig steigt, um eine immer höhere Verarbeitungsgeschwindigkeit zu erreichen, gibt es bekanntermaßen entsprechend zunehmend Forderungen, die durch diese Einheiten erzeugte Wärme abzuleiten. Die gestiegenen Forderungen der Wärmeableitungen entstehen sowohl dadurch, dass die Schaltkreiseinheiten dichter zusammengepackt sind, als auch deswegen, dass die Schaltkreise selbst bei zunehmend höheren Taktfrequenzen betrieben werden. Gleichwohl ist es ebenfalls bekannt, dass unkontrollierte thermische Bedingungen und übermäßige durch Bausteine erzeugte Wärme eine Hauptursache für das Versagen von Bausteineinheiten ist. Weiterhin wird damit gerechnet, dass die Forderungen nach Wärmeabfuhr von diesen Einheiten immer stärker werden. Daraus ist zu folgern, dass es in erheblichem Maße einen Bedarf gibt, leistungsfähige Kühlmechanismen für integrierte Schaltkreise bereitzustellen.

[0003] Mit jeder neuen Computergeneration erhöhen sich die Geschwindigkeiten und die Funktionsvielfalt. In den meisten Fällen ging dabei mit einer gesteigerten Packungsdichte eine von höherer Verlustleistung einher. Die Folge davon war ein höherer Wärmefluss auf allen Packungsebenen. Zum Beispiel ist heute ein verbreiteter Packungsaufbau für viele große Computersysteme ein Mehrfacheinschubgestell, wobei jeder Einschub ein oder mehrere Prozessormodule zusammen mit zugeordneter Elektronik wie beispielsweise Speicher-, Stromversorgungs- und Festplatteneinheiten enthält. Diese Einschübe sind auswechselbare Einheiten, so dass im Falle des Versagens eines einzelnen Einschubs der Einschub herausgenommen und vor Ort ersetzt werden kann. Das Problem bei diesem Aufbau ist, dass es der Anstieg des Wärmefflusses auf der Ebene des Elektroneinschubs zunehmend erschwert, Wärme durch einfache Luftkühlung abzuführen.

Zusammenfassung der Erfindung

[0004] Die Unzulänglichkeiten des Standes der

Technik werden überwunden, und zusätzliche Vorteile werden bereitgestellt durch ein Kühlsystem, das Folgendes beinhaltet: eine Kühlmittelverteilereinheit, wobei die Kühlmittelverteilereinheit einen ersten Wärmetauscher, einen ersten Kühlkreislauf und mindestens einen zweiten Kühlkreislauf umfasst, wobei der erste Kühlkreislauf Anlagenkühlmittel empfängt und mindestens einen Teil davon durch den ersten Wärmetauscher hindurchfährt, wobei der mindestens eine zweite Kühlkreislauf Systemkühlmittel für mindestens ein Elektronikteilsystem bereitstellt und Wärme im ersten Wärmetauscher von dem mindestens einen Elektronikteilsystem an das Anlagenkühlmittel im ersten Kühlkreislauf abführt; und mindestens eine dem mindestens einen Elektronikteilsystem zugeordnete thermische Ableiteinheit, wobei jede thermische Ableiteinheit einen zweiten Wärmetauscher, einen zweiten Kühlkreislauf des mindestens einen zweiten Kühlkreislaufs und einen dritten Kühlkreislauf umfasst, wobei der zweite Kühlkreislauf Systemkühlmittel für den zweiten Wärmetauscher bereitstellt, wobei der dritte Kühlkreislauf konditioniertes Kühlmittel innerhalb des mindestens einen Elektronikteilsystems zirkulieren lässt und Wärme im zweiten Wärmetauscher von dem mindestens einen Elektronikteilsystem an das Systemkühlmittel im zweiten Kühlkreislauf abführt.

[0005] In einem weiteren Aspekt wird ein gekühltes Elektroniksystem bereitgestellt. Das gekühlte Elektroniksystem beinhaltet mindestens ein Elektronikgestell, das eine Vielzahl von Elektronikteilsystemen und ein Kühlsystem aufweist. Das Kühlsystem beinhaltet eine Kühlmittelverteilereinheit und mehrere thermische Ableiteinheiten. Die Kühlmittelverteilereinheit beinhaltet einen ersten Wärmetauscher, einen ersten Kühlkreislauf und eine Vielzahl zweiter Kühlkreisläufe. Der erste Kühlkreislauf empfängt Anlagenkühlmittel und führt zumindest einen Teil davon durch den ersten Wärmetauscher hindurch. Die Vielzahl zweiter Kühlkreisläufe stellt Systemkühlmittel für mindestens einige der Vielzahl von Elektronikteilsystemen bereit und führt Wärme im ersten Wärmetauscher von den mindestens einigen Elektronikteilsystemen an das Anlagenkühlmittel im ersten Kühlkreislauf ab. Jede thermische Ableiteinheit ist einem entsprechenden der mindestens einigen Elektronikteilsysteme zugeordnet, und jede Einheit beinhaltet einen zweiten Wärmetauscher, einen zweiten Kühlkreislauf der Vielzahl von zweiten Kühlkreisläufen und einen dritten Kühlkreislauf. Der zweite Kühlkreislauf stellt Systemkühlmittel für den zweiten Wärmetauscher bereit, und der dritte Kühlkreislauf lässt konditioniertes Kühlmittel innerhalb des entsprechenden Elektronikteilsystems zirkulieren und führt Wärme im zweiten Wärmetauscher von dem Elektronikteilsystem an Systemkühlmittel im zweiten Kühlkreislauf ab.

[0006] Verfahren zur Herstellung eines Kühlsystems für ein Elektronikteilsystem und Verfahren zum

Kühlen eines Elektronikgestells, das eine Vielzahl von Elektronikteilsystemen umfasst, werden ebenfalls beschrieben und beansprucht.

[0007] Weiterhin werden zusätzliche Merkmale und Vorteile durch die Techniken der vorliegenden Erfindung verwirklicht. Andere Ausführungsformen und Aspekte der Erfindung werden hierin detailliert beschrieben und als Bestandteil der beanspruchten Erfindung betrachtet.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0008] Der Gegenstand, der als die Erfindung betrachtet wird, wird insbesondere in den Ansprüchen am Ende der Beschreibung dargelegt und eindeutig beansprucht. Die vorangehenden und anderen Aufgaben, Merkmale und Vorteile der Erfindung werden anhand der folgenden detaillierten Beschreibung in Zusammenhang mit den begleitenden Zeichnungen offenbar, worin:

[0009] [Fig. 1](#) eine herkömmliche Kühlmittelverteilereinheit wie beispielsweise eine Computerraum-Wasserkonditioniereinheit (computer room water conditioning unit CRWCU) zum Kühlen eines oder mehrerer Elektronikgestelle einer Computerumgebung darstellt;

[0010] [Fig. 2](#) eine Schemadarstellung einer Ausführungsform eines Elektroneinschubs eines Elektronikgestells und eines Kühlsystems dafür ist, die eine herkömmliche Kühlmittelverteilereinheit mit einem Anlagenkühlmittelkreislauf und einem Systemkühlmittelkreislauf verwendet;

[0011] [Fig. 3](#) eine Schemadarstellung einer Ausführungsform eines Kühlsystems für ein Elektronikteilssystem eines Elektronikgestells ist, wobei das Kühlsystem eine Kühlmittelverteilereinheit und eine thermische Ableiteinheit, die einen Kühlmittelkreislauf mit konditioniertem Kühlmittel innerhalb des Elektronikteilsystems umfasst, beinhaltet, gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung;

[0012] [Fig. 4A](#) eine Ausführungsform eines Verfahrens zum Filtern konditionierten Kühlmittels innerhalb des Kühlmittelkreislaufs mit konditioniertem Kühlmittel des Kühlsystems der [Fig. 3](#) darstellt, gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung;

[0013] [Fig. 4B](#) eine Ausführungsform der Komponenten der thermischen Ableiteinheit der [Fig. 4A](#) darstellt, die mit einem zu kühlenden Elektronikmodul verbunden gezeigt ist, gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung;

[0014] [Fig. 5A](#) eine alternative Ausführungsform eines Verfahrens zum Filtern von konditioniertem Kühlmittel innerhalb des Kühlmittelkreislaufs mit konditio-

niertem Kühlmittel des Kühlsystems der [Fig. 3](#) darstellt, gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung;

[0015] [Fig. 5B](#) eine Ausführungsform der Komponenten der thermischen Ableiteinheit nach dem Filtern des konditionierten Kühlmittels und mit einem zu kühlenden Elektronikmodul verbunden gezeigt darstellt, gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung;

[0016] [Fig. 6A](#) eine Querschnittsdraufsicht einer Ausführungsform einer Mikrokühlstruktur ist, die mit einem Elektronikmodul zum indirekten Abführen von Wärme von den Bausteinen mit integrierter Schaltung des Moduls an konditioniertes Kühlmittel innerhalb der Mikrokühlstruktur verbunden ist, gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung;

[0017] [Fig. 6B](#) eine Querschnittsdraufsicht einer alternativen Ausführungsform einer Mikrokühlstruktur ist, die mit einem Substrat verbunden ist, das eine Vielzahl von Bausteinen mit integrierter Schaltung darauf aufweist, wobei konditioniertes Kühlmittel von den Bausteinen mit integrierter Schaltung durch eine undurchlässige Sperrschicht getrennt ist, gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung; und

[0018] [Fig. 6C](#) eine Querschnittsdraufsicht einer weiteren Ausführungsform einer Mikrokühlstruktur ist, die mit einem Substrat verbunden ist, das eine Vielzahl von Bausteinen mit integrierter Schaltung darauf aufweist, wobei die Bausteine mit integrierter Schaltung durch direktes Eintauchen (direct immersion) in konditioniertes Kühlmittel gekühlt werden, gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung.

Bestmögliche Ausführungsform der Erfindung

[0019] So wie hierin verwendet, umfasst „Elektronikteilsystem“ jede Art von Gehäusen, von Einbaufächern, von Einschüben, von Einplatinen-Computern (blades) usw., die eine oder mehrere Wärme erzeugende Komponenten eines Computersystems oder eines anderen Elektroniksystems beinhaltet, das Kühlung erfordert. Der Begriff „Elektronikgestell“ beinhaltet jede Art von Gehäusen, von Gestellen, von Einplatinencomputer-Serversystemen (blade server system) usw., die eine Wärme erzeugende Komponente eines Computersystems oder Elektroniksystems aufweisen, und kann zum Beispiel einen eigenständigen Computerprozessor mit hoher, mittlerer oder niedriger Verarbeitungsleistung bezeichnen. In einer Ausführungsform kann ein Elektronikgestell mehrere Elektronikteilsysteme umfassen, von denen jedes eine oder mehrere Wärme erzeugende Komponenten, die Kühlung erfordern, aufweist. Jede Wärme erzeugende Komponente kann eine Elektroneinheit, ein Elektronikmodul, einen Baustein mit integrierter Schaltung usw. umfassen. So wie hierin

verwendet, bedeutet „Mikrokühlstruktur“ eine Kühlstruktur mit einer charakteristischen Abmessung von 200 Mikrometer oder weniger.

[0020] Ein Beispiel eines Kühlmittels innerhalb eines Kühlsystems gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist Wasser. Die hierin beschriebenen Konzepte sind jedoch ohne weiteres für die Verwendung mit anderen Arten von Kühlmittel auf der Anlagenseite, der Systemseite und der Seite des konditionierten Kühlmittels geeignet. Zum Beispiel kann es sich bei einem oder mehreren der Kühlmitteln unter Beibehaltung der Vorteile und einzigartigen Merkmale der vorliegenden Erfindung um einen Frostschutz, eine Fluorkohlenwasserstoffflüssigkeit, ein flüssiges Metall oder ein anderes ähnliches Kühlmittel oder ein Kältemittel handeln.

[0021] Wie oben kurz bemerkt steigen die Verlustleistungen bei Computeranlagen (vorwiegend Prozessoren) wieder auf Werte an, bei denen sie nicht länger einfach luftgekühlt werden können. Die Komponenten werden voraussichtlich wassergekühlt sein. Durch den Prozessor abgegebene Wärme kann über eine wassergekühlte kalte Platte auf Wasser übertragen werden. Normalerweise ist das an den Kundenstandorten (d. h. den Datenzentren) vorhandene Anlagenwasser nicht zur Verwendung in diesen kalten Platten geeignet. Problem dar, da die Temperatur des Wassers in dem Datenzentrum, die von 7°C bis 15°C reicht, weit unterhalb des Raumtaupunktes (typischer Weise 18°C bis 23°C) liegt. Zum Zweiten beeinträchtigt die relativ schlechte Qualität des Anlagenwassers (hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung, der Reinheit usw.) die Zuverlässigkeit des Systems. Es ist daher wünschenswert, eine Wasser kühlende/konditionierende Einheit zu verwenden, die Wasser höherer Qualität von/zum Elektronikteilssystem zirkulieren lässt und die Wärme an das Wasser im Datenzentrum abgibt. So wie hierin verwendet bezieht sich „Anlagenwasser“ oder „Anlagenkühlmittel“ in einem Beispiel auf dieses Wasser oder Kühlmittel im Datenzentrum, wohingegen sich „Systemkühlmittel“ auf gekühltes/konditioniertes Kühlmittel bezieht, das zwischen einer Kühlmittelverteilereinheit und dem zu kühlenden Elektronikteilssystem zirkuliert und „konditioniertes Kühlmittel“ sich auf Kühlmittel bezieht, das innerhalb eines gegebenen Elektronikteilssystems zirkuliert.

[0022] Nun wird Bezug auf die Zeichnungen genommen, wobei gleiche Bezugsziffern, die durch verschiedene Figuren hindurch verwendet werden, die gleichen oder ähnliche Komponenten bezeichnen. **Fig. 1** stellt eine Ausführungsform einer Kühlmittelverteilereinheit **100** für einen Computerraum dar. Die Kühlmittelverteilereinheit ist üblicherweise eine relativ große Einheit, die mehr als das, was heute als zwei ganze Elektronikgestellschränke bezeichnet werden würde, einnimmt. Innerhalb der Kühleinheit **100** be-

findet sich ein Stromversorgungs-/Steuerungselement **112**, ein Reservoir/Ausdehnungsgefäß **113**, ein Wärmetauscher **114**, eine Pumpe **115** (oftmals von einer redundanten zweiten Pumpe begleitet), Einlass- **116** und Auslass- **117** Versorgungsleitungen für Anlagenwasser (oder Wasser oder Kühlmittel der Örtlichkeit oder Kundenbetriebswasser oder -kühlmittel), ein Versorgungsverteiler **118**, der Wasser über Verbindungen **120** und Leitungen **122** zu den Elektronikgestellschränken **130** leitet und ein Rückführungsverteiler **119**, der Wasser von den Elektronikgestellschränken **130** über Leitungen **123** und Verbindungen **121** leitet. Jedes Elektronikgestell beinhaltet mehrere Elektronikeneinschübe oder mehrere Elektronikteilsysteme **135**.

[0023] **Fig. 2** veranschaulicht schematisch die Arbeitsweise des Kühlsystems der **Fig. 1**, wobei eine flüssigkeitsgekühlte kalte Platte **155** mit einem Elektronikmodul **150** des Elektronikeneinschubs **135** innerhalb der Elektronikgestellschränke **130** verbunden gezeigt ist. Wärme wird vom Elektronikmodul **150** über das Systemkühlmittel abgeführt, das mittels der Pumpe **115** durch die kalte Platte **155** innerhalb des Systemkühlmittelkreislaufs gepumpt wird, welcher durch den Wärmetauscher **114** der Kühlmittelverteilereinheit **100**, die Leitungen **122**, **123** und die kalte Platte **155** festgelegt wird. Der Systemkühlmittelkreislauf und die Kühlmittelverteilereinheit sind so ausgebildet, dass sie der Elektronik Kühlmittel mit einer kontrollierten Temperatur und mit einem kontrollierten Druck sowie einer kontrollierten chemischen Zusammensetzung und Reinheit bereitstellen. Weiterhin ist das Systemkühlmittel physisch vom weniger kontrollierten Anlagenkühlmittel in den Leitungen **116**, **117** getrennt, auf das Wärme letzten Endes übertragen wird. Filterung war in einem System wie in **Fig. 2** dargestellt nicht erforderlich, da die charakteristischen Abmessungen des Systemkühlmittelkreislaufs für den Fluiddurchsatz ausreichend groß sind, damit Restpartikel frei durch den Kreislauf zu fließen können. Zum Beispiel wurde eine kalte Platte mit Kanälen von 1,65 mm Durchmesser im ES/9000-System verwendet, das von der International Business Machines Corporation in Armonk, New York, angeboten wird.

[0024] Wie bereits angemerkt wurde, steigt die Verlustleistung von Prozessoren stetig an, da die Entwickler immer höhere Computerleistungen erzielen wollen. Die Verlustleistungswärme von Elektronikmodulen wird vermutlich durch herkömmliche Luftkühlungstechnologien und sogar mittels herkömmlicher flüssigkeitsgekühlter Konzepte mit kalten Platten nicht mehr beherrschbar sein. Um diesem zukünftigen Kühlungsbedarf zu begegnen, werden Mikrokühlstrukturen entwickelt. Zwei Beispiele solcher Strukturen werden durch Mikros Manufacturing, Inc., in Claremont, New Hampshire, und ATOTECH in Berlin, Deutschland, vertrieben. Weitere Beispiele für

Mikrokühlstrukturen sind in der Technik verfügbar. Diese Mikrokühlstrukturen haben eine um mehr als eine Größenordnung geringere charakteristische Abmessung als die zuvor verwendeten kalten Platten. Weiterhin haben die Mikrostrukturen eine Mindestabmessung im Bereich von oder kleiner als Partikel, die üblicherweise durch das Systemkühlmittel eines Kühlsystems wie in [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) dargestellt zirkulieren. In verfügbaren Mikrostrukturen bewegen sich die charakteristischen Abmessungen zur Zeit zwischen 50 bis 100 Mikrometer und könnten mit zunehmendem Fortschritt der Technik weiter verringert werden. Bei diesen kleinen Breiten ist die Reinheit der Flüssigkeit zwingend. Bei solchen Abmessungen könnte die Mikrokühlstruktur eher wie ein Filter als wie eine Wärmesenke wirken und dadurch Kühlung verhindern.

[0025] Eine Lösung für das Problem bestünde darin, einen Filter auf der Systemkühlmittelseite der Kühlanordnung der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) einzubringen. Dies wäre unglücklicherweise nicht wünschenswert, da es einen zusätzlichen Druckabfall hinzufügen und ständige Wartung erfordern würde. Daher ist es in einem Aspekt ein Ziel der vorliegenden Erfindung, eine isolierte Teilanordnung zu schaffen, die dem Elektronikteilssystem zugeordnet ist, das in thermischem Kontakt mit dem Systemkühlmittelkreislauf ist und das so ausgebildet und hergestellt ist, dass es die Mikroaspekte einer Mikrokühlstruktur wie oben beschrieben berücksichtigt.

[0026] [Fig. 3](#) stellt eine Ausführungsform eines Kühlsystems dar, die dieses Ziel erreicht. Dieses Kühlsystem oder diese Kühlvorrichtung beinhaltet eine Kühlmittelverteileinheit **100** und eine oder mehrere thermische Ableiteinheiten **195**. Jede thermische Ableiteinheit **195** ist einem entsprechenden Elektronikteilssystem oder Einschub **135** eines Elektronikgestellschranks **130** der Computerumgebung zugeordnet. Die Kühlmittelverteileinheit **100** wiederum beinhaltet einen ersten Wärmetauscher **114**, einen ersten Kühlkreislauf **116**, **117** und einen oder mehrere zweite Kühlkreisläufe **122**, **123**. Der erste Kühlkreislauf **116**, **117** empfängt Anlagenkühlmittel und führt zumindest einen Teil davon durch den ersten Wärmetauscher **114** hindurch. Jeder zweite Kühlkreislauf stellt Systemkühlmittel für mindestens ein Elektronikteilssystem **135** bereit und führt Wärme im ersten Wärmetauscher **114** vom Elektronikteilssystem **135** an das Anlagenkühlmittel im ersten Kühlkreislauf **116**, **117** ab. Eine Pumpe lässt Systemkühlmittel durch den zweiten Kühlkreislauf **122**, **123** zirkulieren.

[0027] Jede thermische Ableiteinheit **195** ist einem entsprechenden Elektronikteilssystem **135** zugeordnet und beinhaltet einen zweiten Wärmetauscher **160**, einen zweiten Kühlkreislauf **122**, **123** des einen oder der mehreren zweiten Kühlkreisläufe, einen dritten Kühlkreislauf **170** und eine Mikrokühlstruktur **180**.

Der zweite Kühlkreislauf stellt Systemkühlmittel für den zweiten Wärmetauscher **160** bereit, und der dritte Kühlkreislauf lässt konditioniertes Kühlmittel innerhalb des mindestens einen Elektronikteilsystems durch die Mikrokühlstruktur **180** zirkulieren und führt Wärme im zweiten Wärmetauscher **160** von einer Wärme erzeugenden Komponente **190** (z. B. einem Elektronikmodul) des Elektronikteilsystems **135** ab. Die Wärme wird im Wärmetauscher an das Systemkühlmittel im zweiten Kühlkreislauf **122**, **123** abgeführt. Konditioniertes Kühlmittel wird mittels einer Pumpe **175** durch den dritten Kühlkreislauf **170** der thermischen Ableiteinheit **195** gepumpt. Ein Beispiel einer geeigneten Pumpe **175** wird in der ursprünglich mit einbezogenen, gemeinschaftlich abgetretenen, miteingereichten Anmeldung mit dem Titel: „Cooling Apparatus For An Electronics Subsystem Employing A Coolant Flow Drive Apparatus Between Coolant Flow Paths“ bereitgestellt. In einem Beispiel ist der dritte Kühlkreislauf ein geschlossener Kreislaufpfad, wodurch die Möglichkeit, dass Partikel in den Kühlkreislauf eindringen, nachdem das konditionierte Kühlmittel einmal wie unten beschrieben gefiltert wurde, auf ein Mindestmaß herabgesetzt wird.

[0028] In vorteilhafter Weise ist der dritte Kühlkreislauf vom Systemkühlmittel der Kühlanordnung physisch isoliert. Der dritte Kühlkreislauf ist eine getrennter, spezieller Kreislauf oder eine Teilanordnung, der am Elektronikteilssystem und genauer an der einen oder den mehreren Wärme erzeugenden Komponenten wie beispielsweise eines seiner Elektronikmodule, das gekühlt werden soll, angeordnet ist. Der dritte Kühlkreislauf und die zugeordneten Komponenten umfassen eine Teilanordnung, die so gestaltet ist, dass eine reine Umgebung für eine Partikel- und auch für eine Materialkompatibilität (d. h. Korrosion) erzeugt wird. Die Kühlteilanordnung **195** ist so ausgebildet, dass sie, sobald sie einmal betriebsbereit ist, ein geschlossenes System darstellt (d. h. ein System, das nicht vor Ort geöffnet wird). Dadurch, dass es sich um ein vor Ort geschlossenes System handelt, kann auf die Verhinderung einer Partikelkontamination während des Zusammenbaus geachtet werden.

[0029] [Fig. 4A](#) und [Fig. 5A](#) stellen alternative Anordnungen zum Filtern von konditioniertem Kühlmittel innerhalb der thermischen Ableiteinheit, zum Beispiel während der Herstellung der Einheit, dar. In [Fig. 4A](#) ist die Systemteilanordnung **195** der [Fig. 3](#) einem Elektronikmodul **190** zugeordnet gezeigt, das in die Mikrokühlstruktur **180** integriert oder mit ihr verbunden sein kann. Die Teilanordnung beinhaltet zwei Drei-Wege-Ventile **200**, die in diesem Beispiel geöffnet sind, um einen Kühlmittelfluss durch einen Filter **210** anstatt durch die Mikrokühlstruktur **180** zu erlauben. Das konditionierte Kühlmittel, das über die Drei-Wege-Ventile **200** durch den Wärmetauscher, den dritten Kühlkreislauf **170** und den Filter **210** gepumpt **175** wird, wird bis zu einem bestimmten Grad

für eine bestimmte Anwendung gereinigt. Man beachte, dass es sich bei dem Filter **210** um irgendeinen Filtermechanismus handeln kann, der so ausgebildet ist, dass das durch den dritten Kühlkreislauf **170** fließende konditionierte Kühlmittel in gewünschter Weise gereinigt wird und das Ausfiltern von Partikeln (die z. B. vom Herstellungs- und Zusammenbauprozess herrühren) sowie eine chemische Filterung (z. B. um unerwünschte korrosive Komponenten aus dem Kühlmittel zu entfernen) einschließen kann. Nach dem Filtern werden die Ventile **200** entweder manuell oder automatisch so gesteuert, dass der Filter **210** aus dem dritten Kühlkreislauf **170** entfernt werden kann, so dass das konditionierte Kühlmittel mit Hilfe der Pumpe **175** durch die Mikrokühlstruktur **180** und den Wärmetauscher **160** fließen kann (siehe [Fig. 4B](#)).

[0030] [Fig. 5A](#) stellt ein alternatives Verfahren zum Filtern konditionierten Kühlmittels innerhalb des Kreislaufs **170** der Kühlteilanordnung **195** der [Fig. 3](#) dar. In dieser Ausführungsform werden Trennverbindungen **220** verwendet um einen Filter **210** an den dritten Kühlkreislauf **170** anzuschließen. Der Filter **210** kann wiederum jeden Filtermechanismus zum Entfernen von zum Beispiel unerwünschten Partikeln und chemischen Komponenten aus dem durch den dritten Kühlkreislauf **170** fließenden konditionierten Kühlmittel umfassen. Kühlmittel wird ausreichend lange durch den Wärmetauscher **160**, den dritten Kühlkreislauf **170** und den Filter **210** gepumpt **175**, um den gewünschten Grad an Kühlmittelreinheit zu erreichen.

[0031] Nachdem das konditionierte Kühlmittel ausreichend gefiltert wurde, wird wie in [Fig. 5B](#) gezeigt der Filter **210** entfernt und die Mikrokühlstruktur **180** in den dritten Kühlkreislauf eingefügt, wobei wieder die Verbindungen **220** verwendet werden. Bei der gezeigten Ausführungsform wird angenommen, dass ein Elektronikmodul **190** in die Mikrokühlstruktur **180** integriert oder mit ihr verbunden ist. Verschiedene Ausführungsformen zum Verbinden der Struktur **180** mit einem Elektronikmodul sind in den [Fig. 6A](#) bis [Fig. 6C](#) dargestellt und werden nachstehend erörtert.

[0032] Der Fachmann wird feststellen, dass hier eine Kühlanordnung bereitgestellt wird, die drei getrennte Kühlkreisläufe verwendet. Ein erster Kühlkreislauf und ein zweiter Kühlkreislauf sind einer Kühlmittelverteileinheit zugeordnet, die einen Fluid-zu-Fluid-Wärmetauscher beinhaltet, damit Wärme vom Systemkühlmittel innerhalb des zweiten Kühlkreislaufs auf Anlagenkühlmittel innerhalb des ersten Kühlkreislaufs übertragen werden kann. Eine oder mehrere thermische Ableiteinheiten oder Kühlteilanordnungen sind einem oder mehreren Elektroniksystemen beispielsweise eines Elektronikgestells zugeordnet. Jede thermische Ableiteinheit beinhaltet einen entsprechenden zweiten Kühlkreislauf und einen

dritten Kühlkreislauf, der in einem Beispiel einen isolierten, geschlossenen Kreislauffluidpfad umfasst. Die thermische Ableiteinheit beinhaltet weiterhin einen zweiten Fluid-zu-Fluid-Wärmetauscher, der es erlaubt, Wärme vom konditionierten Kühlmittel innerhalb des dritten Kühlkreislaufs auf das Systemkühlmittel innerhalb des zweiten Kühlkreislaufs zum Transfer zur Kühlmittelverteileinheit abzuführen. In vorteilhafter Weise kann durch das Trennen des konditionierten Kühlmittels, des Systemkühlmittels und des Anlagenkühlmittels jeder Kühlmittelkreislauf Kühlmittel mit unterschiedlichen Eigenschaften oder Merkmalen enthalten. Zu diesen unterschiedlichen Merkmalen können die folgenden gehören:

- Unterschiedliche Kühlmittelreinheit – was die Verwendung von Kühlmittel höherer Reinheit innerhalb des dritten Kühlkreislaufs, weniger reinem Kühlmittel innerhalb des Systemkühlmittelkreislaufs und noch weniger reinem Kühlmittel innerhalb des Anlagenkühlmittelkreislaufs erlaubt. Kühlmittel hoher Reinheit ist im dritten Kühlkreislauf der thermischen Ableiteinheit wünschenswert, insbesondere wenn es bei kleinen Kühlstrukturen verwendet wird (d. h. Kanälen, Düsen, Drosseln, Lamellen usw.), damit Verunreinigungen keine Störungen der Funktion beispielsweise einer Mikrokühlstruktur verursachen können.
- Unterschiedlicher Kühlmitteldruck – was es zum Beispiel erlaubt, dass sich konditioniertes Kühlmittel innerhalb des dritten Kühlkreislaufs auf einem Druck unterhalb des Atmosphärendrucks befindet, während Systemkühlmittel und Anlagenkühlmittel im zweiten Kühlkreislauf und im ersten Kühlkreislauf auf oder oberhalb des Atmosphärendrucks bleiben. Dadurch darf zum Beispiel das konditionierte Kühlmittel einen anderen Siedepunkt als das Systemkühlmittel haben.
- Unterschiedlicher Kühlmittelphasenwechsel – der dritte Kühlkreislauf erlaubt es, dass ein konditioniertes Kühlmittel in einem Zwei-Phasen-Kühlansatz verwendet wird, während das Systemkühlmittel und das Anlagenkühlmittel als Ein-Phasen-Kühlmittel beibehalten werden.
- Unterschiedlicher Kühlmitteldurchsatz – was mit unterschiedlichen Drücken und Phasenwechseltemperaturen der verschiedenen Kühlmittel im Kühlsystem in Zusammenhang stehen kann. Weiterhin kann es wünschenswert sein, durch die Mikrokühlstruktur einen niedrigeren Durchsatz zu verwenden als den Durchsatz durch beispielsweise den zweiten Kühlkreislauf, der das Systemkühlmittel enthält.
- Unterschiedliche chemische Zusammensetzungen der Kühlmittel – dadurch wird es möglich, Kühlmittelfluidе unterschiedlicher chemischer Zusammensetzungen in den verschiedenen Kühlkreisläufen des Kühlsystems zu verwenden. Zum Beispiel könnte Wasser in den ersten und zweiten Kühlkreisläufen sowohl als Anlagenkühlmittel als auch Systemkühlmittel von lediglich unterschiedli-

cher Reinheit verwendet werden, während im dritten Kühlkreislauf ein elektrisch nichtleitende Flüssigkeit als konditioniertes Kühlmittel verwendet werden kann. Dies kann zum Beispiel bei einer Ausführungsform vorteilhaft sein, bei der das konditionierte Kühlmittel in direktem Kontakt mit einem oder mehreren Bausteinen mit integrierter Schaltung des zu kühlenden Elektronikteilsystems steht.

[0033] Wie festgestellt wurde stellen [Fig. 6A](#) bis [Fig. 6C](#) verschiedene Ausführungsformen zum Verbinden einer Mikrokühlstruktur **180** mit einer oder mehreren Wärme erzeugenden Komponenten eines Elektronikteilsystems dar. In [Fig. 6A](#) beinhaltet ein Elektronikmodul **190** ein Substrat **191**, das mehrere darauf angeordnete Bausteine mit integrierter Schaltung **192** aufweist. Ein Moduldeckel **193** umgibt die Bausteine mit integrierter Schaltung innerhalb des Moduls **190**. Das Modul **190** ist mechanisch mit einer Mikrokühlstruktur **180** verbunden gezeigt, durch die konditioniertes Kühlwasser (nicht gezeigt) über einen Einlass **181** und einen Auslass **184** fließt. Der Moduldeckel **193** und die Mikrokühlstruktur **180** sind aus Materialien hergestellt, die geeignet sind, die Wärmeübertragung von den Bausteinen mit integrierter Schaltung **192** auf das durch die Mikrostruktur fließende konditionierte Kühlmittel zu erleichtern. Als Verbesserung kann die Mikrokühlstruktur **180** Teil einer thermischen Ableiteinheit sein, die eine vor Ort austauschbare Einheit ist. In solch einem Fall können Trennverbindungen im zweiten Kühlkreislauf verwendet werden, um das Systemkühlmittel mit der gerade ersetzten thermischen Ableiteinheit zu verbinden, ohne dass ein Öffnen des dritten Kühlkreislaufes, der das durch die Mikrokühlstruktur **180** fließende konditionierte Kühlmittel enthält, erforderlich ist.

[0034] [Fig. 6B](#) zeigt eine alternative Ausführungsform einer Mikrokühlstruktur, die mit einer Bausteinanordnung verbunden ist, welches hierin als beinahe-direkte Kühlmittelimmersion bezeichnet wird. Bei dieser Ausführungsform ist die Kühlstruktur **180'** mit einem Substrat **191** mit mehreren Bausteinen mit integrierter Schaltung **192** darauf verbunden. Eine mehrschichtige undurchlässige Sperre **194** befindet sich über den Bausteinen mit integrierter Schaltung und schützt die Bausteine vor dem durch die Mikrokühlstruktur **180'** fließenden konditionierten Kühlmittel. Konditioniertes Kühlmittel fließt über Mikrodüsen **183**, die in Fluidverbindung mit einem Versorgungsverteiler **182** stehen, der über einen Einlass **181** konditioniertes Kühlmittel erhält, auf die undurchlässige Sperre **194**. Konditioniertes Kühlmittel fließt von der Anordnung integrierter Schaltkreise über einen Auslass **184** in die Mikrokühlstruktur **180'**. Bei dieser Ausführungsform kann jede Art von Kühlmittel verwendet werden, wofür Wasser ein Beispiel ist. In vorteilhafter Weise steht die Flüssigkeit in beinahe-direktem Kontakt mit den Bausteinen mit integrierter Schaltung,

bleibt jedoch von ihnen isoliert. Beispiele für beinahe-direkte integrierte Kühlstruktur- und Modulanordnungen sind detaillierter im gemeinschaftlich abgetretenen US-Patent Nr. 6 587 345 mit dem Titel „Electronic Device Substrate Assembly With Impermeable Barrier And Method Of Making“ und in der US-Patentanmeldung Nr. 2004/0012914 A1 mit dem Titel „Electronic Device Substrate Assembly With Multilayer Impermeable Barrier And Method Of Making“ beschrieben, die hierdurch beide in ihrer Vollständigkeit durch Bezugnahme hierin mit einbezogen werden.

[0035] [Fig. 6C](#) stellt eine weitere Anfürgsausführungsform zum Integrieren einer Mikrokühlstruktur und einer Anordnung mit integrierten Schaltungen dar. Diese Ausführungsform wird als direkte Kühlmittelimmersion bezeichnet, da das konditionierte Kühlmittel die mehreren auf dem Substrat **191** angeordneten Bausteine mit integrierter Schaltung **192** direkt benetzt. Wie gezeigt beinhaltet die Mikrokühlstruktur **180'** wiederum Mikrodüsen **183**, die konditioniertes Kühlmittel von einem Versorgungsverteiler **182** bereitstellen, der in Fluidverbindung mit einem Einlass **181** steht, der mit dem dritten Kühlkreislauf der entsprechenden thermischen Ableiteinheit verbunden ist. Die Mikrokühlstruktur **180'** in [Fig. 6C](#) beinhaltet einen Auslass **184**, der in Fluidverbindung mit dem dritten Kühlkreislauf **170** der thermischen Ableiteinheit **195** beispielsweise der [Fig. 3](#) steht. Bei direkter Kühlmittelimmersion sind das Substrat und die Kühlanordnung eine integrierte Einheit, und es besteht keine Fluidsperre zwischen dem konditionierten Kühlmittel und den Bausteinen mit integrierter Schaltung. Dies ist durch die Verwendung eines elektrisch nicht leitenden Kühlmittels möglich, das so ausgewählt ist, dass es die Bausteine mit integrierter Schaltung nicht beschädigt. Eine detailliertere Erörterung einer integrierten Mikrokühlstruktur- und Schaltkreisanordnung wird in der ursprünglich miteinbezogenen, gemeinschaftlich abgetretenen, miteingereichten Anmeldung mit dem Titel „Cooling Apparatus And Method For An Electronics Module Employing An Integrated Heat Exchange Assembly“ bereitgestellt.

[0036] Obwohl hierin bevorzugte Ausführungsformen detailliert abgebildet und beschrieben wurden, wird es für den relevanten Fachmann offensichtlich sein, dass vielfältige Modifikationen, Hinzufügungen, Ersetzungen und Ähnliches vorgenommen werden können, ohne vom Geist der Erfindung abzuweichen, und diese daher als innerhalb des Bereiches der Erfindung, wie sie in den folgenden Ansprüchen festgelegt ist, liegend betrachtet werden.

Patentansprüche

1. Kühlsystemelektronikgestell für mindestens ein Elektronikeinschubteilsystem, wobei das Kühlelektronikgestellsystem umfasst:
eine Kühlmittelverteilereinheit, wobei die Kühlmittelver-

teileinheit einen ersten Wärmetauscher, einen ersten Kühlkreislauf und mindestens einen zweiten Kühlkreislauf umfasst, wobei der erste Kühlkreislauf Anlagenkühlmittel empfängt und mindestens einen Teil davon durch den ersten Wärmetauscher hindurchfährt, wobei der mindestens eine zweite Kühlkreislauf Systemkühlmittel für das mindestens eine Elektronikeinschubteilsystem bereitstellt und Wärme im ersten Wärmetauscher von dem mindestens einen Elektronikeinschubteilsystem an das Anlagenkühlmittel im ersten Kühlkreislauf abführt; und mindestens eine dem mindestens einen Elektronikeinschubteilsystem zugeordnete thermische Ableiteinheit, wobei jede thermische Ableiteinheit einen zweiten Wärmetauscher, einen zweiten Kühlkreislauf des mindestens einen zweiten Kühlkreislaufs und einen dritten Kühlkreislauf umfasst, wobei der zweite Kühlkreislauf Systemkühlmittel für den zweiten Wärmetauscher bereitstellt, wobei der dritte Kühlkreislauf konditioniertes Kühlmittel innerhalb des mindestens einen Elektronikeinschubteilsystems zirkulieren lässt und Wärme im zweiten Wärmetauscher von dem mindestens einen Elektronikeinschubteilsystem an das Systemkühlmittel im zweiten Kühlkreislauf abführt; und wobei der dritte Kühlkreislauf von jeder thermischen Ableiteinheit einen isolierten, geschlossenen Kreislauffluidpfad umfasst, der innerhalb des mindestens einen Elektronikeinschubteilsystems angeordnet ist.

2. Kühlelektronikgestellsystem nach Anspruch 1, wobei sich das konditionierte Kühlmittel im dritten Kühlkreislauf und das Systemkühlmittel im zweiten Kühlkreislauf durch mindestens ein Merkmal unterscheiden, wobei das mindestens eine Merkmal mindestens eines der Folgenden umfasst: Kühlmittelreinheit, Kühlmitteldruck, Kühlmitteldurchsatz, Phasenwechseltemperatur des Kühlmittels und Kühlmittelchemie.

3. Kühlelektronikgestellsystem nach Anspruch 2, wobei sich das Systemkühlmittel im zweiten Kühlkreislauf und das Anlagenkühlmittel im ersten Kühlkreislauf durch mindestens ein Merkmal unterscheiden, wobei das mindestens eine Merkmal mindestens eines der Folgenden umfasst: Kühlmittelreinheit, Kühlmitteldruck, Kühlmitteldurchsatz, Phasenwechseltemperatur des Kühlmittels und Kühlmittelchemie.

4. Kühlelektronikgestellsystem nach Anspruch 3, wobei jede thermische Ableiteinheit weiterhin mindestens eine Mikrokühlstruktur und eine Kühlmittelpumpe zum Bewegen von konditioniertem Kühlmittel durch den geschlossenen Kreislauffluidpfad des dritten Kühlkreislaufs zwischen dem zweiten Wärmetauscher und der Mikrokühlstruktur beinhaltet.

5. Kühlelektronikgestellsystem nach Anspruch 4, wobei die Mikrokühlstruktur mit mindestens einer

Wärme erzeugenden Komponente des mindestens einen Elektronikeinschubteilsystems zur Erleichterung des Abführens von Wärme davon auf das konditionierte Kühlmittel innerhalb des geschlossenen Kreislauffluidpfades des dritten Kühlkreislaufs verbunden ist.

6. Kühlelektronikgestellsystem nach Anspruch 5, wobei jede thermische Ableiteinheit eine vor Ort austauschbare Einheit umfasst und wobei die Mikrokühlstruktur mechanisch mit einer Oberfläche der Wärme erzeugenden Komponente verbunden ist, wobei die Wärme erzeugende Komponente ein Elektronikmodul umfasst.

7. Kühlelektroniksystem nach Anspruch 5 oder 6, wobei die mindestens eine Wärme erzeugende Komponente mindestens einen Baustein mit integrierter Schaltung umfasst und wobei das konditionierte Kühlmittel innerhalb des dritten Kühlkreislaufs in direktem Kontakt mit dem mindestens einen Baustein mit integrierter Schaltung des mindestens einen Elektronikeinschubteilsystems steht.

8. Kühlelektronikgestellsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das konditionierte Kühlmittel ein dielektrisches Fluid oder gereinigtes Wasser umfasst.

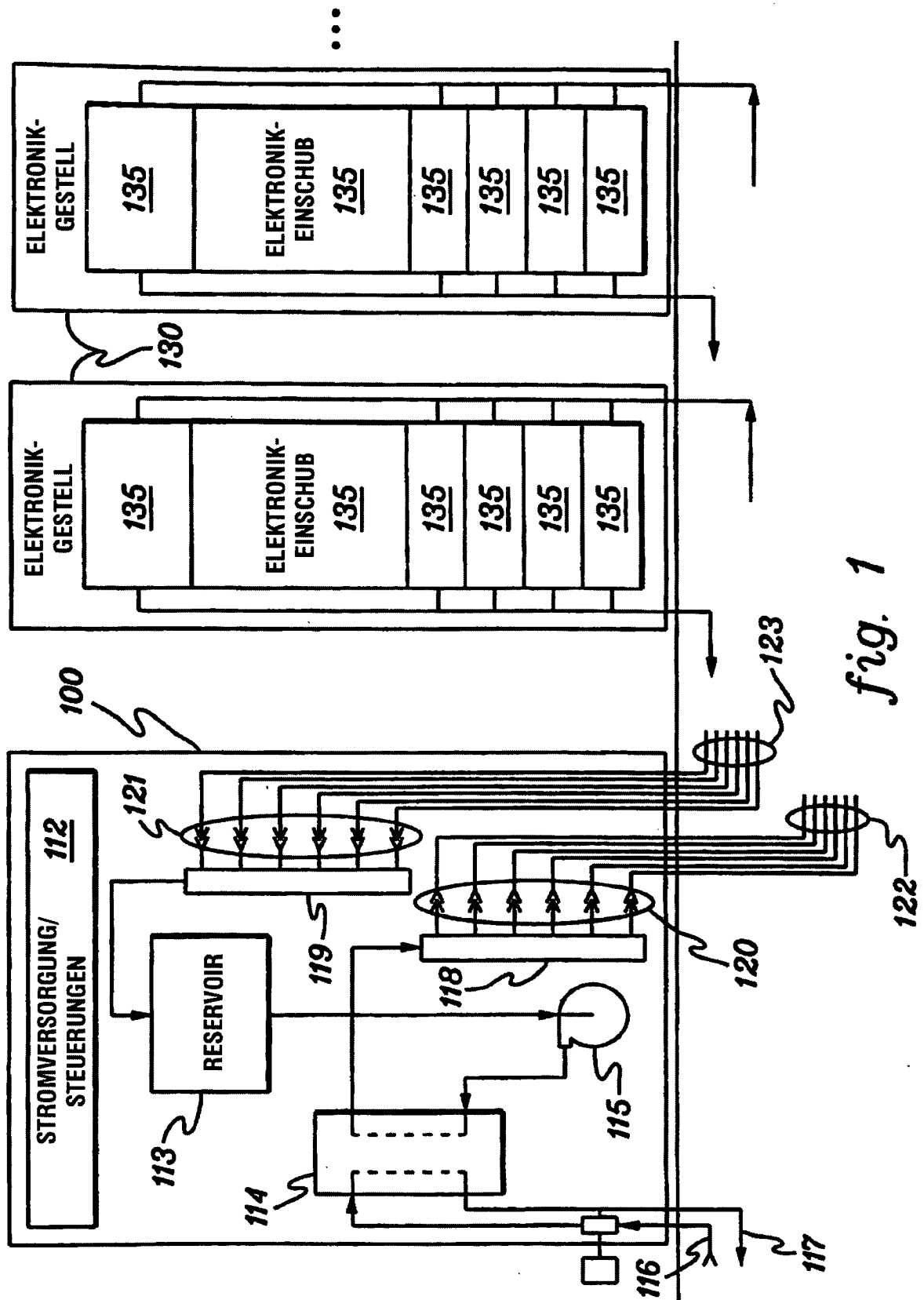
9. Kühlelektronikgestellsystem nach Anspruch 5, 6 oder 7, wobei die mindestens eine Wärme erzeugende Komponente mindestens einen Baustein mit integrierter Schaltung umfasst und wobei jede thermische Ableiteinheit weiterhin eine wärmeleitende Fluidsperre aufweist, die das konditionierte Kühlmittel im dritten Kühlkreislauf von dem mindestens einen Baustein mit integrierter Schaltung trennt.

10. Verfahren zur Kühlung mindestens eines Elektronikeinschubteilsystems, wobei das Verfahren umfasst:

Bereitstellen einer Kühlmittelverteileinheit, wobei die Kühlmittelverteileinheit einen ersten Wärmetauscher, einen ersten Kühlkreislauf und mindestens einen zweiten Kühlkreislauf umfasst, wobei der erste Kühlkreislauf Anlagenkühlmittel empfängt und mindestens einen Teil davon durch den ersten Wärmetauscher hindurchfährt, wobei der mindestens eine zweite Kühlkreislauf Systemkühlmittel für das mindestens eine Elektronikeinschubteil bereitstellt und Wärme im ersten Wärmetauscher von dem mindestens einen Elektronikeinschubteilsystem an das Anlagenkühlmittel im ersten Kühlkreislauf abführt; Bereitstellen mindestens einer dem mindestens einen Elektronikeinschubteilsystem zugeordneten thermischen Ableiteinheit, wobei jede thermische Ableiteinheit einen zweiten Wärmetauscher, einen zweiten Kühlkreislauf des mindestens einen zweiten Kühlkreislaufs und einen dritten Kühlkreislauf umfasst, wobei der zweite Kühlkreislauf Systemkühlmittel für den zweiten Wärmetauscher bereitstellt, wobei

der dritte Kühlkreislauf konditioniertes Kühlmittel innerhalb des mindestens einen Elektronikeinschubteilsystems zirkulieren lässt und Wärme im zweiten Wärmetauscher von dem mindestens einen Elektronikeinschubteilsystem an das Systemkühlmittel im zweiten Kühlkreislauf abgibt; und
wobei der dritte Kühlkreislauf von jeder thermischen Ableiteinheit einen isolierten, geschlossenen Kreislauffluidpfad umfasst, der innerhalb des mindestens einen Elektronikeinschubunterystems angeordnet ist.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen



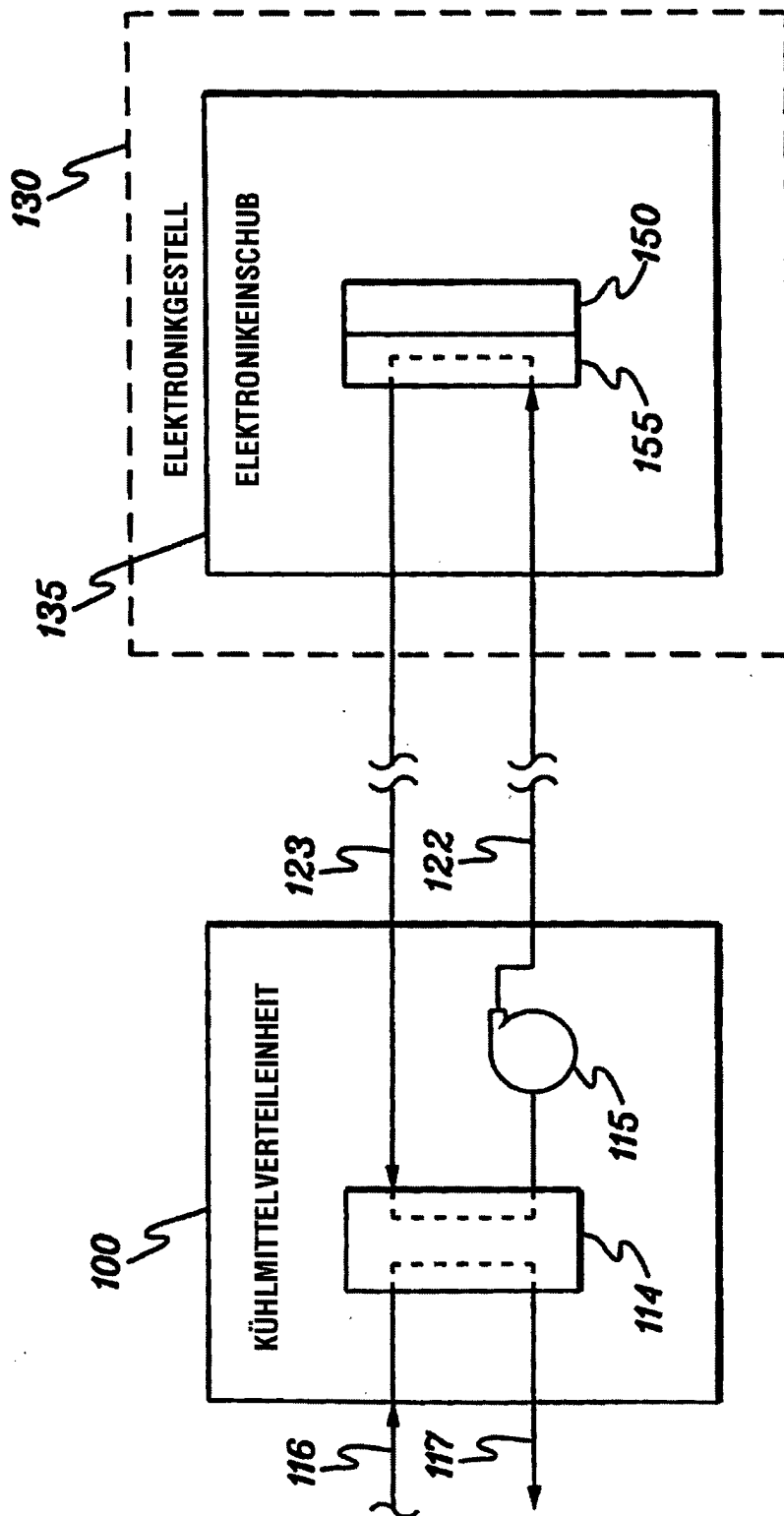


fig. 2

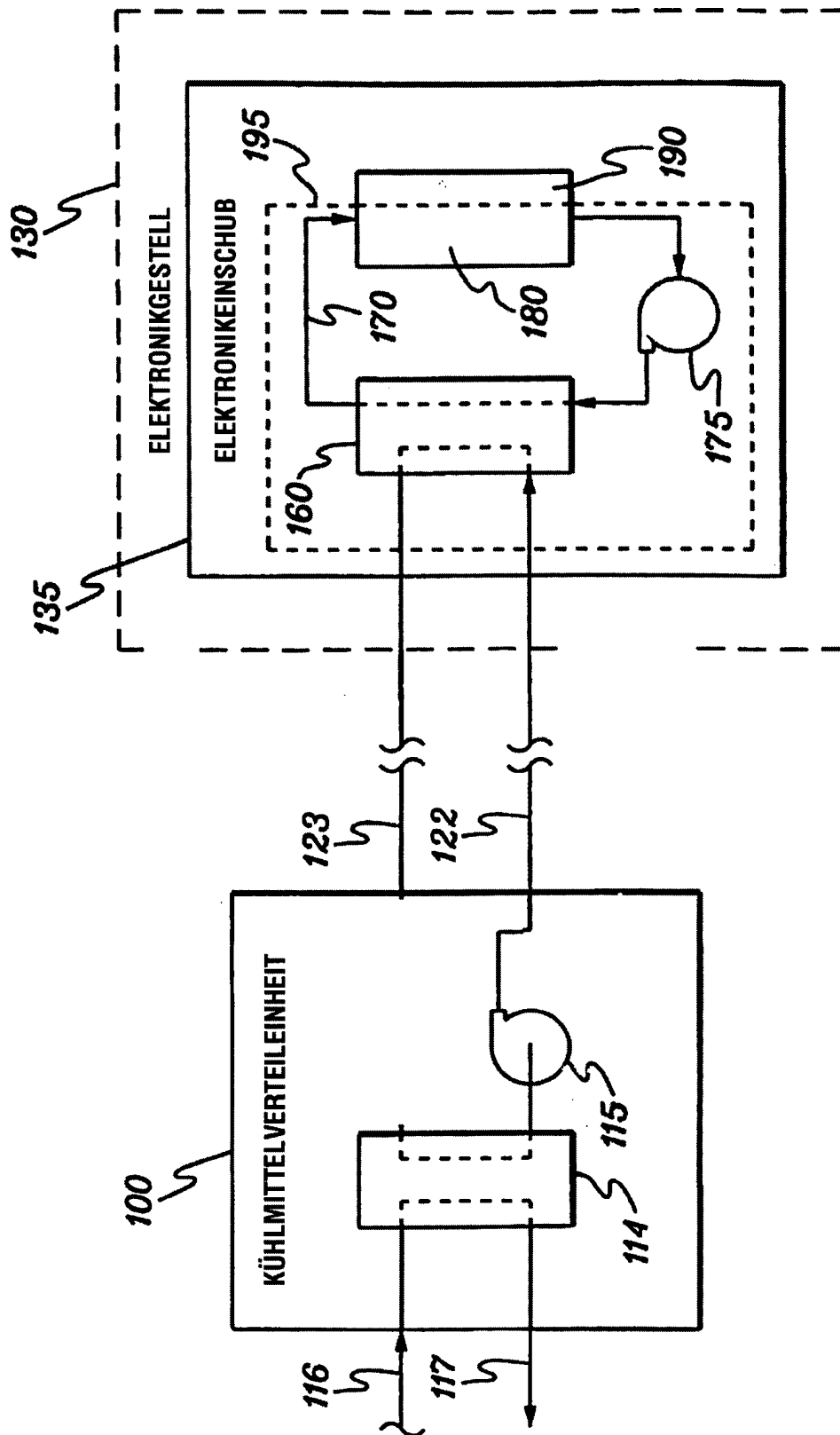


fig. 3

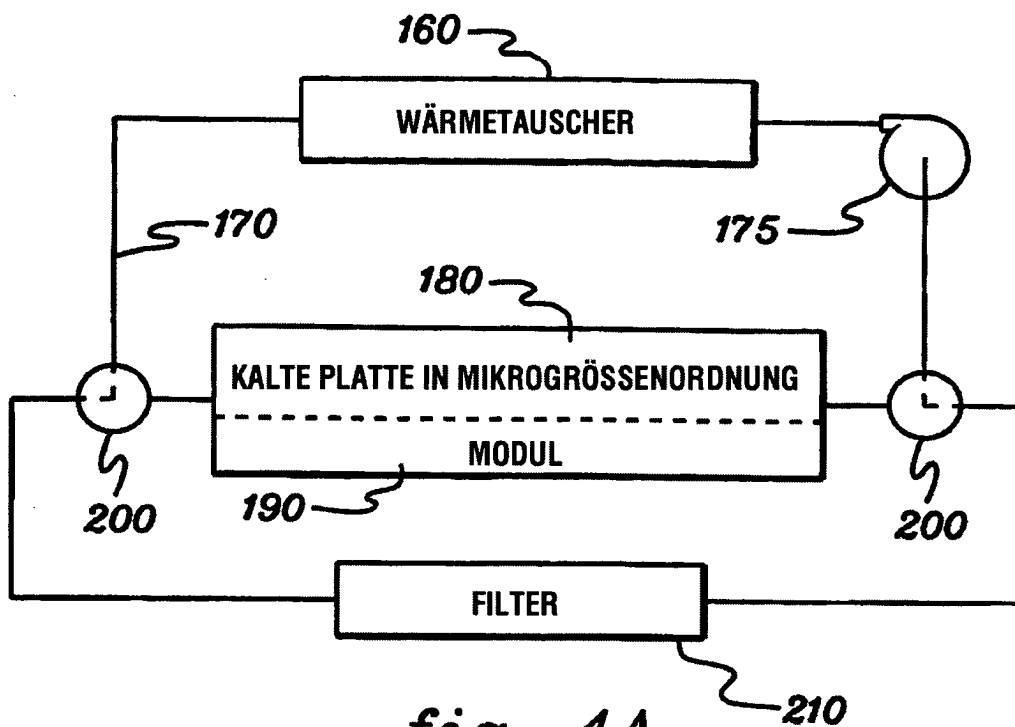


fig. 4A

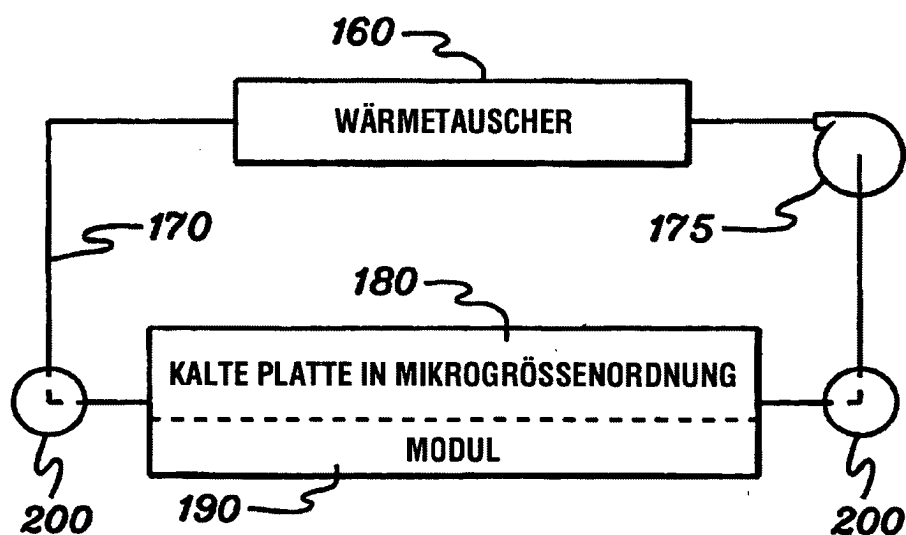


fig. 4B

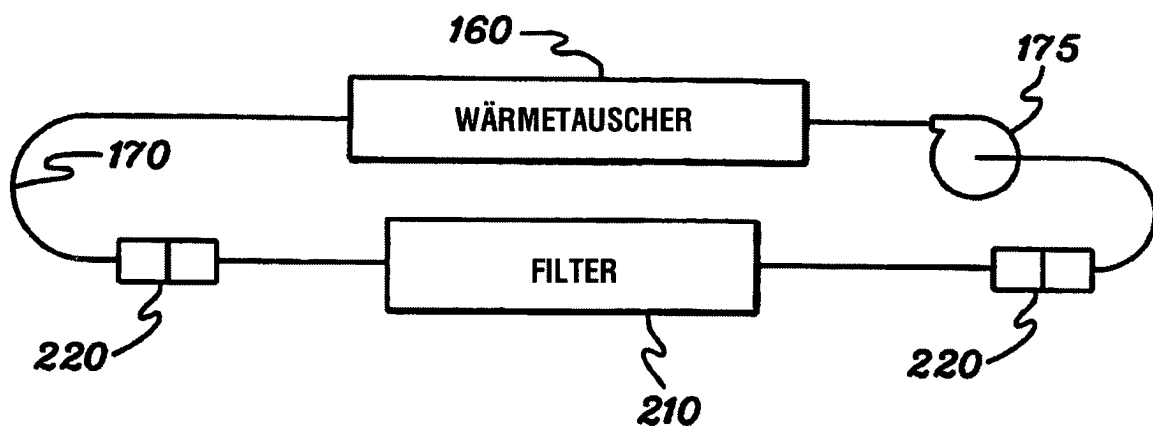


fig. 5A

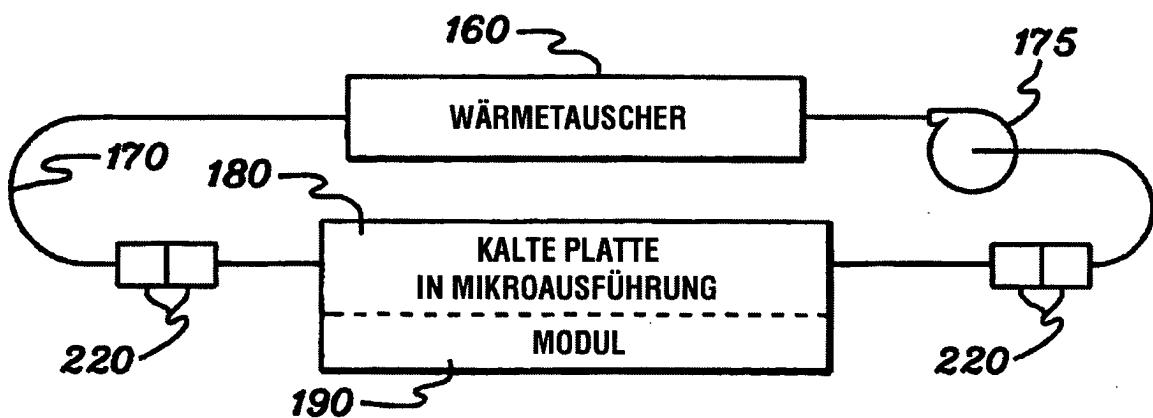


fig. 5B

