



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 19 688 T2** 2009.03.26

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 495 270 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 19 688.8**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US03/11545**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 724 032.2**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2003/089845**

(86) PCT-Anmeldetag: **16.04.2003**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **30.10.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **12.01.2005**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **12.03.2008**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **26.03.2009**

(51) Int Cl.⁸: **F24F 11/00** (2006.01)

G05D 23/19 (2006.01)

H05K 7/20 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
123403 17.04.2002 US

(73) Patentinhaber:
**Hewlett-Packard Development Co., L.P., Houston,
Tex., US**

(74) Vertreter:
**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049
Pullach**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(72) Erfinder:
SHARMA, Ratnesh, Union City, CA 94587, US

(54) Bezeichnung: **STEUERUNG DES KLIMAS IN EINEM GEBÄUDE**

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

[0001] Die vorliegende Erfindung ist mit den folgenden anhängigen Anmeldungen verwandt: Seriennr. 09/970,707, eingereicht am 5. Oktober 2001 mit dem Titel „SMART COOLING OF DATA CENTERS“ von Patel u. a.; Seriennr. XX/XXX,XXX, eingereicht am 19. Februar 2002 mit dem Titel „DESIGNING LAYOUT FOR INTERNET DATACENTER COOLING“ von Nakagawa u. a.; und Seriennr. XX/XXX,XXX, eingereicht MM/DD/JJJJ mit dem Titel „DATA CENTER ENERGY MANAGEMENT“ von Friedrich u. a. Jeder der oben aufgelisteten Querverweise ist der Anmelderin der vorliegenden Erfindung übertragen und hierin durch Bezugnahme aufgenommen.

Hintergrund

[0002] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Steuern atmosphärischer Bedingungen in einem Gebäude. Ein Gebäudetyp ist ein Datenzentrum, das zahlreiche elektronische Gehäuse unterbringt. Jedes elektronische Gehäuse ist in einem oder einer Mehrzahl von Gestellen angeordnet, die in dem Datenzentrum verteilt sind. Ein Gestell kann als eine EIA-Umhüllung (EIA = Electronics Industry Association) definiert sein und kann konfiguriert sein, um eine Anzahl von PC-Platinen (PC = personal computer) unterzubringen. Die PC-Platinen umfassen typischerweise eine Anzahl von elektronischen Gehäusen, wie z. B. Prozessoren, Mikrocontroller, Hochgeschwindigkeitsvideokarten, Speicher, Halbleitervorrichtungen und dergleichen. Diese elektronischen Gehäuse geben während dem Betrieb der jeweiligen Komponenten wesentliche Mengen an Wärme ab. Eine typische PC-Platine, die mehrere Mikroprozessoren umfasst, kann beispielsweise etwa 250 W Leistung abgeben bzw. dissipieren. Somit dissipiert ein Gestell, das vierzig (40) PC-Platinen dieses Typs enthält, etwa 10 KW Leistung.

[0003] Die Leistung, die erforderlich ist, um die Wärme, die durch die elektronischen Gehäuse in einem bestimmten Gestell abgegeben wird, zu entfernen, ist etwa gleich 10% der Leistung, die benötigt wird, um die Gehäuse zu betreiben. Die Leistung, die erforderlich ist, um die Wärme zu entfernen, die durch eine Mehrzahl von Gestellen in einem Datenzentrum abgegeben wird, ist jedoch im allgemeinen gleich etwa 50% der Leistung, die benötigt wird, um die Gehäuse in den Gestellen zu betreiben. Das Missverhältnis zwischen der Menge an Leistung, die erforderlich ist, um die verschiedenen Wärmelasten zwischen Gestellen von Datenzentren zu dissipieren, stammt von der zusätzlichen thermodynamischen Arbeit, die in dem Datenzentrum benötigt wird, um die Luft zu kühlen. Gestelle werden typischerweise mit Gebläsen gekühlt, die arbeiten, um ein Kühlfluid, wie z. B. Luft, über die wärmedissipierenden Komponenten zu bewegen, während Datenzentren häufig Rückleistungs-

zyklen verwenden, um erwärmte Rückluft zu kühlen. Die zusätzliche Arbeit, die erforderlich ist, um zusätzlich zu der Arbeit im Zusammenhang mit dem Bewegen des Kühlfluids in dem Datenzentrum und dem Kondensator die Temperaturreduktion zu erreichen, summiert sich häufig zu der 50% Leistungsanforderung, die oben erwähnt wurde. Als solches stellt das Kühlen gesamter Datenzentren große Herausforderungen dar, die über diejenigen im Zusammenhang mit dem Kühlen einzelner Gestelle von elektronischen Gehäusen hinausgehen.

[0004] Um einen ordnungsgemäßen Betrieb im wesentlichen sicherzustellen und die Lebensdauer der elektronischen Gehäuse, die in den Gestellen des Datenzentrums angeordnet sind, zu verlängern, ist es notwendig, die Temperaturen der Gehäuse in vorbestimmten sicheren Betriebsbereichen beizubehalten. Ein Betrieb bei Temperaturen über maximalen Betriebstemperaturen kann zu irreparablen Schäden an den elektronischen Gehäusen führen. Außerdem wurde festgestellt, dass sich die Zuverlässigkeit elektronischer Gehäuse, wie z. B. elektronischer Halbleitervorrichtungen, mit ansteigender Temperatur verringert. Daher muss die Wärmeenergie, die durch die elektronischen Gehäuse während dem Betrieb erzeugt wird, mit einer Rate entfernt werden, die sicherstellt, dass Betriebs- und Zuverlässigkeitsanforderungen erfüllt werden. Aufgrund der relativ großen Größe von Datenzentren und der hohen Anzahl von elektronischen Gehäusen, die darin enthalten sind, ist es häufig aufwendig, Datenzentren innerhalb der vorbestimmten Temperaturbereiche zu kühlen.

[0005] Datenzentren werden typischerweise durch den Betrieb von einer oder mehreren Klimaanlage gekühlt. Die Kompressoren der Klimaanlage erfordern typischerweise ein Minimum von etwa dreißig (30) Prozent der erforderlichen Kühlkapazität, um die Datenzentren ausreichend zu kühlen. Die anderen Komponenten, wie z. B. Kondensatoren, Luftbewegungseinrichtungen (Gebläse) usw. erfordern typischerweise zusätzliche zwanzig (20) Prozent der erforderlichen Kühlkapazität. Ein hochdichtes Datenzentrum mit 100 Gestellen, wobei jedes Gestell eine maximale Leistungsdissipation von 10 KW aufweist, erfordert beispielsweise 1 MW Kühlkapazität. Klimaanlage mit einer Kapazität von 1 MW Wärmeentfernung erfordern typischerweise ein Minimum von 300 KW Eingangskompressorleistung zusätzlich zu der Leistung, die benötigt wird, um die Luftbewegungsvorrichtungen, z. B. Gebläse, Lüfter usw. anzutreiben.

[0006] Herkömmliche Datenzentrumsklimaanlagen variieren ihre Kühlausgabe nicht auf der Basis der verteilten positionsspezifischen Bedürfnisse des Datenzentrums. Typischerweise ist die Arbeitsverteilung zwischen den arbeitenden elektronischen Komponenten in dem Datenzentrum zufällig und wird nicht

gesteuert. Aufgrund der Arbeitsverteilung kann es sein, dass einige Komponenten an einer Stelle des Datenzentrums bei einer maximalen Kapazität arbeiten, während andere Komponenten an der anderen Position des Datenzentrums bei verschiedenen Leistungspegeln unter einer maximalen Kapazität arbeiten. Ferner arbeiten herkömmliche Kühlsysteme typischerweise bei 100% Kapazität auf einer fortlaufenden Basis und kühlen dadurch alle elektronischen Gehäuse unabhängig vom Bedarf. Anders ausgedrückt, Datenzentren werden auf einer Gesamtzimmerebenenbasis klimatisiert, wodurch sich unnötig hohe Betriebsausgaben ergeben, um die wärmeerzeugenden Komponenten, die in den Gestellen der Datenzentren enthalten sind, ausreichend zu kühlen. Darüber hinaus verwenden herkömmlichen Versuche zum Kühlen relativ ungenaue und unentwickelte Verfahren zum Überwachen und Einstellen von Temperaturverteilung, die zu einer weniger als optimalen Datenzentrumskühleffizienz führen.

[0007] Die US 5,769,315 präsentiert eine druckabhängige variable Luftvolumensteuerstrategie, gemäß der durch Steuern von Einzelzonenluftdämpfern auf eine geeignete Weise abhängig von zugeordneten Thermostaten mit einer Eins-zu-Eins-Zuordnung zwischen den Thermostaten und den Zonenluftdämpfern Versorgungsluftstörungen minimiert werden.

[0008] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Steuern atmosphärischer Bedingungen in einem Gehäuse vorgesehen. Das Verfahren umfasst die Schritte des Liefers eines klimatisierten Fluids in dem Gebäude und das Erfassen von einem oder mehreren atmosphärischen Parametern in verschiedenen Positionen in dem Gehäuse. Von den Ergebnissen des Erfassungsschritts wird eine empirische atmosphärische Abbildung erzeugt und mit einer atmosphärischen Vorgabeabbildung verglichen. Strukturunterschiede werden zwischen der empirischen und der atmosphärischen Vorgabeabbildung identifiziert, und eine Korrekturmaßnahme wird bestimmt, um die Strukturunterschiede zu reduzieren. Schließlich wird eine oder mehr der Menge, Qualität und Verteilung des klimatisierten Fluids variiert.

Kurze Beschreibung der mehreren Ansichten der Zeichnungen

[0009] Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden für Fachleute auf diesem Gebiet von der folgenden Beschreibung mit Bezugnahme auf die Zeichnungen offensichtlich. Es zeigen:

[0010] [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines Systems der vorliegenden Erfindung; und

[0011] [Fig. 2](#) ein Flussdiagramm des Ausführungsbeispiels eines Verfahrens der vorliegenden Erfin-

dung.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0012] Die vorliegende Erfindung ist in ihrer Anwendung nicht auf die Einzelheiten einer bestimmten beschriebenen oder gezeigten Anordnung beschränkt, da die vorliegende Erfindung für mehrere Ausführungsbeispiele in der Lage ist, ohne von der Wesensart und dem Schutzbereich der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Zunächst werden die Prinzipien der vorliegenden Erfindung aus Einfachheits- und Darstellungszwecken durch Bezugnahme auf nur eine begrenzte Anzahl von Ausführungsbeispielen beschrieben. Obwohl nur eine begrenzte Anzahl von Ausführungsbeispielen der Erfindung hierin speziell offenbart sind, würde ein Durchschnittsfachmann auf diesem Gebiet ohne weiteres erkennen, dass die gleichen Prinzipien gleichermaßen in allen Typen von atmosphärischen Steuersystemen anwendbar sind und in denselben implementiert werden können. Ferner sind zahlreiche spezifische Einzelheiten aufgeführt, um folgendes ausreichend klar darzustellen: den Besitz der vorliegenden Erfindung durch den Erfinder, wie die Erfindung herzustellen und/oder zu verwenden ist, und der beste Modus beim Ausführen der vorliegenden Erfindung, der dem Erfinder zum Zeitpunkt der Anmeldung bekannt ist. Es ist jedoch für einen Durchschnittsfachmann auf dem Gebiet klar, dass die vorliegende Erfindung ohne Begrenzung auf diese spezifischen Einzelheiten praktiziert werden kann. In anderen Fällen wurden gut bekannte Verfahren und Strukturen nicht näher beschrieben, um die vorliegende Erfindung nicht unnötig zu behindern. Schließlich dient die hierin verwendete Terminologie dem Zweck der Beschreibung und nicht der Beschränkung. Somit soll die folgende detaillierte Beschreibung nicht in einem begrenzenden Sinne gesehen werden und der Schutzbereich der vorliegenden Erfindung ist durch die Ansprüche und ihre Äquivalente definiert.

[0013] Im Allgemeinen ist gemäß der vorliegenden Erfindung ein Verfahren konfiguriert, um eine oder mehrere atmosphärische Bedingungen in einem Gehäuse zu steuern. Genauer gesagt, ist das Verfahren konfiguriert, um eines oder mehrere von Menge, Qualität und Verteilung eines klimatisierten Fluids in einem Datenzentrum einzustellen. Das Verfahren ist konfiguriert, um eine solche Steuerung auf der Basis von atmosphärischer Abbildung und Strukturerkennung zu erreichen, wobei als Eingabe ein oder mehrere atmosphärische Parameter verwendet werden, die an verschiedenen einzelnen Sensorpositionen in dem Datenzentrum gemessen werden.

[0014] Gemäß der vorliegenden Erfindung kann die Energiemenge, die typischerweise erforderlich ist, um ein Datenzentrum zu kühlen, relativ reduziert werden durch strategisches Verteilen von Kühlfluid oder

klimatisierter Luft in dem Datenzentrum durch wesentliches Bevorzugen oder Erhöhen des Kühlfluidflusses zu Positionen in dem Datenzentrum, die Gestelle aufweisen, die größere Wärmemengen abgeben, und durch wesentliches Ablehnen oder Verringern des Kühlfluidflusses zu Positionen, die Gestelle aufweisen, die weniger Wärmemenge abgeben. Anstatt Vorrichtungen, z. B. Kompressoren, Gebläse usw., des Kühlsystems bei im Wesentlichen 100% der erwarteten Wärmedissipation von den Gestellen zu betreiben, können diese Vorrichtungen somit gemäß der tatsächlichen Position und den bereichsspezifischen Kühlbedürfnissen betrieben werden. Außerdem können die Gestelle in dem Datenzentrum gemäß ihren erwarteten Wärmelasten positioniert werden, um dadurch zu ermöglichen, dass Computerraumluftklimatisier-Einheiten (CRAC-Einheiten; CRAC = computer room air conditioning), die an verschiedenen Positionen in dem Datenzentrum angeordnet sind, auf eine effizientere Weise arbeiten können. In anderer Hinsicht können das Positionieren der Gestelle und die Kühlstrategie bestimmt werden durch Implementierung von Modellierung und Metrologie des Kühlfluidflusses durch das Datenzentrum. Außerdem kann die numerische Modellierung implementiert werden, um den Volumenstrom und die Geschwindigkeit des Kühlfluidflusses durch das Datenzentrum zu bestimmen.

[0015] Mit besonderer Bezugnahme auf die Figuren ist [Fig. 1](#) eine schematische Ansicht des Systems **10** gezeigt, das gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann. Das System **10** umfasst allgemein atmosphärische Sensoren **12**, eine zentrale Verarbeitungseinheit (CPU) **14** und ein atmosphärisches Steuersystem **16**. Das atmosphärische Steuersystem **16** kann ein intelligentes Kühlsystem sein, beispielsweise wie es in der mitanhängigen U. S.-Patentanmeldung mit der Seriennr. 09/970,707, eingereicht am 5. Oktober 2001 von Patel u. a. dargestellt ist, die der Anmelderin der vorliegenden Erfindung übertragen ist und hierin in ihrer Gesamtheit durch Bezugnahme aufgenommen ist. Alternativ wird in Betracht gezogen, dass jeder Systemtyp, der sich auf das Steuern atmosphärischer Bedingungen bezieht, verwendet werden könnte, einschließlich Klimaanlage, Befeuchtungssysteme, Filtersysteme, Feuerunterdrückungssysteme usw.

[0016] Die atmosphärischen Sensoren **12** werden zum Messen eines oder mehrerer atmosphärischer Parameter verwendet und umfassen Temperatursensoren, wie z. B. Thermoelemente, Temperaturwandler, Thermistoren oder dergleichen. Die atmosphärischen Sensoren **12** könnten auch Feuchtigkeitssensoren, Barometer- oder Drucksensoren, Fluidgeschwindigkeitssensoren, Teilchensensoren, Rauschsensoren und dergleichen umfassen. Die atmosphärischen Sensoren **12** sind in den Abschnitten einer Art Datenzentrumsgebäude (nicht gezeigt) angeord-

net, die atmosphärisch gesteuert werden sollen. Genauer gesagt, die atmosphärischen Sensoren **12** können auf eine Vielzahl von Weisen positioniert werden. Beispielsweise könnten die atmosphärischen Sensoren **12** zufällig an verschiedenen Stellen und Höhen verteilt sein, oder gemäß einem vorbestimmten Koordinatengitter ausgerichtet sein, oder in Ausrichtung mit Positionen von Lüftungen und/oder Gestellen platziert sein, oder gemäß Empfehlungen von einem Rechenfluiddynamikmodell platziert sein. In jedem Fall wird in Betracht gezogen, dass sehr große Datenzentren, in der Größenordnung von Tausenden Quadratmetern (Zehntausenden Quadratfuß) gemessen werden, Tausende von atmosphärischen Sensoren **12** erfordern, die darin verteilt sind. Die atmosphärischen Sensoren **12** sind elektronisch mit der CPU **14** verbunden, entweder durch Verdrahtung oder über drahtlose Telemetrie. In jedem Fall ist die CPU **14** in der Lage, die Position jedes atmosphärischen Sensors **12** zu verfolgen, so dass die Ausgabe von jedem „abgebildet“ werden kann.

[0017] Die CPU **14** kann ein unabhängiger Personalcomputer, eine Computerplatine oder Platinen, die in einem Gestell in dem Datenzentrum angekoppelt sind, ein Computerchip usw. sein, unabhängig davon umfasst die CPU **14** verschiedene Software, die auf dieselbe geladen ist. Zunächst umfasst die CPU **14** Software zum Erzeugen von Abbildungen von atmosphärischen Bedingungen, wie z. B. Wärmeabbildungssoftware **18**. Die Wärmeabbildungssoftware **18** ist in der Lage, Tausende von Eingangsdatenpunkten zu verarbeiten, wie z. B. Tausende von Sensorsignalen, und abbildungsartige Informationen auszugeben. Eine Wärmeabbildung besteht beispielsweise aus Temperaturumrissen, die verschiedene isothermische Regionen oder Isotherme von bestimmten Temperaturen definieren. Die schwerwiegendsten dieser Isotherme werden allgemein als „Hot Spots“ (heiße Punkte) bezeichnet. Heiße Punkte müssen in ihrer genauen Position nicht notwendigerweise einem bestimmten Temperatursensor entsprechen, sondern können zwischen verschiedenen Temperatursensoren angeordnet sein. Trotzdem kann die Wärmeabbildungssoftware die Position des tatsächlichen heißen Punkts von den bekannten Positionen der Temperatursensoren extrapolieren oder triangulieren. Falls daher die Temperatursensoren in einem Bereich von Höhen in verschiedenen Breiten- und Längenkoordinatenpositionen eines Datenzentrums angeordnet sind, kann die Wärmeabbildungssoftware nicht nur die Koordinatenposition eines heißen Punkts, sondern auch die Höhe desselben triangulieren. Die Temperatursensorlesungen liefern Temperaturdaten und Daten zum Berechnen von Temperaturgradienten, die verwendet werden, um eine Wärmeabbildung zu erzeugen. Wenn keine genauen oder umfassenden Temperaturdaten vorliegen, können Temperaturgradienten verwendet werden, um heiße Punkte in dem Datenzentrum zu finden, durch mathe-

matische Optimierungstechniken, wie z. B. steilster Gradient usw. Im allgemeinen liefert Triangulation eine relativ genaue und effiziente Näherungstechnik und somit ist es möglich, weniger und in größeren Abständen verteilte Temperatursensoren zu verwenden, um, falls gewünscht, Ausrüstungskosten und Ausfallmoden einzusparen.

[0018] Zweitens umfasst die CPU **14** Software zum Erkennen von Strukturunterschieden in solchen Abbildungen, allgemeiner bekannt als Strukturerkennungssoftware **20**. Solche Software umfasst im allgemeinen einen Decodierprozess, bei dem Unterscheidungen bei Strukturen ohne menschliche Intervention durchgeführt werden. Drittens ist eine strategische Software **22** in der CPU **14** geladen und wird verwendet, um einen Verlauf einer Korrekturmaßnahme zu bestimmen, um die Strukturunterschiede zu minimieren oder zu eliminieren, durch Annehmen der Ausgabe der Abbildungssoftware **18**, Verarbeiten derselben und Ausgeben von Befehlen an das Kühlsystem **16**. Es wird in Erwägung gezogen, dass im Handel erhältliche mathematische Universaloptimierungssoftware wie MATLAB angepasst werden könnte, um Wärmeabbildungen zu erzeugen und heiße Punkte durch Strukturerkennung zu identifizieren. Zu diesem Zeitpunkt wird auch in Erwägung gezogen, dass auch anwendungsspezifische neurale Netzwerkalgorithmen verwendet werden können, um dasselbe zu tun.

[0019] Ansprechend darauf wird das Kühlsystem **16** verwendet, um eines oder mehrere von Quantität, Qualität und Verteilung des Kühlfluids zu variieren, das verwendet wird, um das Datenzentrum zu kühlen. Das Kühlsystem **16** umfasst eine Kühleinheit **24**, aber Fachleute auf diesem Gebiet erkennen, dass mehrere andere Typen von Kühlsystemen allgemein gut bekannt sind und für die Verwendung mit der vorliegenden Erfindung verfügbar sind, einschließlich Kühlungssysteme, Kühlturmsysteme, Kühler-Kondensator-Systeme und dergleichen. In jedem Fall umfasst das Kühlsystem **16** auch ein oder mehrere Luftbeweger oder Lüfter **26** mit variabler Geschwindigkeit und einen oder mehrere entfernt gesteuerte Dämpfer oder Entlüftungen **28**. Fachleute auf diesem Gebiet erkennen, dass Ventilationsstrukturen, die die Lüfter, Entlüftungen usw. verbinden, alle gut bekannt sind auf dem relevanten Gebiet der Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik (HVAC).

[0020] Es ist möglich, jede Kombination von Kühlsystemsteuervariablen zu variieren, um die Quantität, Qualität und/oder Verteilung des Kühlfluids zu ändern und dadurch die atmosphärischen Bedingungen in dem Datenzentrum einzustellen. Beispielsweise kann der Kühlerzyklus zwischen 0% und 100% Betriebskapazität verringert oder erhöht werden, um die Kühlqualität des Kühlfluids zu ändern, d. h. Temperatur, Feuchtigkeit, Partikelzahlwert usw. Um die Quan-

tität von Kühlfluid, wie z. B. klimatisierte Luft, zu ändern, kann die Geschwindigkeit und/oder das Umspringen des Lüfters **26** eingestellt werden und die Prozentsatzöffnung der Entlüftungen **28** kann entweder einzeln oder gemeinsam variiert werden. Außerdem, falls die Entlüftungen **28** einzelne Lüfter (nicht gezeigt) umfassen, können solche Lüfter auch in der Geschwindigkeit eingestellt werden. Um die Verteilung klimatisierter Luft zu ändern, können eines oder mehrere von mehreren Kühlern, Lüftern und Entlüftungen strategisch eingestellt werden, um eine oder mehrere Stellen heißer Punkte in dem Datenzentrum anzuvisieren. Falls eine Ecke des Datenzentrums beispielsweise den wesentlichsten Teil der Kühlbedürfnisse des gesamten Datenzentrums erfordert, können der/die nächstliegenden Kühler, Lüfter und Entlüfter ausgewählt werden, während der/die anderen relativ entfernten Kühler, Lüfter und Entlüftungen deaktiviert oder reduziert werden können. Es wird in Betracht gezogen, dass alle anderen vernünftigerweise vorgesehenen atmosphärischen Steuersystemsteuervariablen auch eingestellt werden können.

[0021] Mit Bezugnahme auf [Fig. 2](#) umfasst ein Verfahren der vorliegenden Erfindung die Zusammenarbeit der CPU zwischen den Temperatursensoren und dem Kühlsystem. Das Verfahren der vorliegenden Erfindung könnte auch unter Verwendung anderer Systeme neben den hierin offenbarten praktiziert werden und ist somit nicht dadurch begrenzt. Das hierin offenbarte System ist einfach eine von mehreren möglichen physikalischen Manifestationen des Verfahrens. Wie es vorher erörtert wurde, liefert das Kühlsystem ein Kühlfluid in dem Datenzentrum zum Kühlen der Ausrüstung in dem Datenzentrum, wie es in Block **100** gezeigt ist. Im Block **102** wird die Temperatur in dem Datenzentrum an verschiedenen Stellen erfasst und an die CPU kommuniziert.

[0022] Die Wärmeabbildungssoftware wandelt die punktspezifischen Temperatursensordaten in Informationen um, durch Erzeugen einer empirischen Wärmeabbildung von denselben, wie es in Block **104** dargestellt ist. Wie es oben erörtert wurde, kann eine Wärmeabbildung heiße Punkte von einzelnen Sensorpositionen triangulieren, auf der Basis mathematischer Optimierungstechniken. Es ist bekannt, dass sich heiße Punkte in mehreren Situationen ergeben, beispielsweise wo elektronische Gehäuse in einem bestimmten Gestell große Mengen von Leistung ziehen, aufgrund außergewöhnlich hoher Nutzung dieser Gehäuse und das Datenzentrumskühlsystem nicht ausreichend klimatisiertes Fluid liefern kann, um Überhitzung auszugleichen. Heiße Punkte können sich auch ergeben, wenn Gestelle normale Wärmemengen ausgeben aber das Datenzentrumskühlsystem an einer bestimmten Stelle oder allgemein fehlerhaft ist.

[0023] Der Wärmeabbildungsschritt kann auf einer

augenblicklichen, Schnappschuss- oder Abtastbasis ausgeführt werden, aber alternativ kann dieser Schritt auf Echtzeitbasis durchgeführt werden. Es wird auch in Betracht gezogen, dass die Wärmeabbildung direkt erzeugt werden könnte, ohne einzelne Temperatursensoren, unter Verwendung von Thermographietechnologie auf der Basis von Infrarotwärmeerfassung, die durch die Ausrüstung in dem Datenzentrum emittiert wird. Es wird ferner in Betracht gezogen, dass die Wärmeabbildung erzeugt werden könnte durch Schätzen der Temperatur als eine Funktion der Leistung, die in die elektronischen Gehäuse und/oder Gestelle in dem Datenzentrum gezogen wird. Somit könnten die Temperaturerfassungs- und Abbildungserzeugungsschritte mit thermographischer Ausrüstung und Software erreicht werden, oder durch Folgern der Temperatur aus der Leistungsaufnahme.

[0024] Die Wärmeabbildung liefert auch ein leistungsstarkes visuelles Werkzeug für einen Datenzentrumsbetreiber. Ein typisches Datenzentrum ist eine wärmemäßig stark untereinander abhängige Umgebung, bei der die thermische Leistungsfähigkeit jedes elektronischen Gehäuses von jedem Gestell die Leistungsfähigkeit benachbarter Gehäuse und Gestelle in verschiedenen Größenordnungen beeinträchtigt. Somit liefert eine Wärmeabbildung auch eine bildlich informative Möglichkeit zum Identifizieren der gegenseitigen Wärmeabhängigkeiten über die Datenzentrumslandschaft.

[0025] Wie es in Block **106** gezeigt ist, vergleicht die Strukturerkennungssoftware die empirische Wärmeabbildung mit einer Vorgabewärmeabbildung. Die Vorgabewärmeabbildung könnte auch als Master- oder Modellwärmeabbildung bezeichnet werden. Die Vorgabe stellt grundsätzlich eine Wärmeabbildung eines optimal arbeitenden Datenzentrums Kühlsystems dar. Die Vorgabe kann dynamisch sein und entweder in Echtzeit von aktuellen Betriebsbedingungen erzeugt werden oder kann statisch sein und vor dem Vergleichsschritt **106** erzeugt werden. CFD-Softwaretools (CFD = computational fluid dynamics; = Rechenfluiddynamik), wie z. B. FLOVENT/AIRPACK, sind weit verbreitet erhältlich und für Fachleute auf diesem Gebiet bekannt. Das CFD-Werkzeug nimmt verschiedene Eingaben zum Modellieren an, einschließlich Wärmelasten von den Gestellen in dem Datenzentrum, Geschwindigkeit des Kühlfluids, das durch das Datenzentrum fließt, Temperatur, Druck und dergleichen in dem Datenzentrum. CFD-Modellierung kann bei dem Entwurf und Layout eines Datenzentrums verwendet werden und Positionen für Gestelle und Belüftungen vorschlagen. Alternativ kann CFD-Modellieren verwendet werden, um eine Master-, Vorgabe- oder Modellwärmeabbildung auszugeben, die durch Einstellen von Kühlsystemvariablen emuliert werden kann. Aufschlussreich in dieser Hinsicht ist die U. S.-Patentanmeldung mit der Seri-

enr. XX/XXX,XXX, eingereicht am 19. Februar 2002 mit dem Titel „DESIGNING LAYOUT FOR INTERNET DATACENTER COOLING“ von Nakagawa u. a., die der Anmelderin der vorliegenden Erfindung übertragen ist und hierin durch Bezugnahme in ihrer Gesamtheit aufgenommen ist.

[0026] Nachdem oder während die empirische Wärmeabbildung mit der Modellwärmeabbildung verglichen wird, wird die Strukturerkennungssoftware auch angewendet, um Strukturunterschiede zwischen denselben zu erkennen, wie es in Block **108** dargestellt ist. Strukturerkennung wird auch allgemein als Vorlagenübereinstimmung, Maskierung usw. bezeichnet. Beispielsweise können in dem Fall von Datenzentrumskühlen thermische Heißpunkte identifiziert werden. Sobald dieselben identifiziert sind, tritt ein anfänglicher Klassifizierungsschritt auf, wie es durch Block **110** dargestellt ist. Bestimmte Isotherme können einen vorbestimmten Bereich von Temperatur, Größe usw. überschreiten und somit für Elimination oder Reduktion anvisiert werden. Falls alle Isotherme innerhalb des vorbestimmten Bereichs der Temperatur, Größe usw. sind, dann behält das Kühlsystem alternativ einfach die aktuellen Betriebsbedingungen und Einstellungen bei, wie es in Block **112** dargestellt ist.

[0027] Auf das Erkennen der Strukturunterschiede hin wird die strategische Software verwendet, um die Korrekturmaßnahme zu bestimmen, die erforderlich ist, um Strukturunterschiede in dem Datenzentrum zu eliminieren oder zumindest zu reduzieren, wie es in Block **114** dargestellt ist. Steuervariable Daten, wie z. B. die Position der Entlüftungen, die Kapazität des Lüfters und die Kapazität des Kühlers, werden verwendet, um zu bestimmen, wie das Datenzentrum am Effizientesten zu kühlen ist. Außerdem werden die Wärmeabbildungsdaten ebenfalls verwendet, wie z. B. die Position, Größe und Intensität der Isotherme. Genauer gesagt, die oben erwähnten Datensätze sind korreliert, um einen optimal effizienten Verlauf einer Korrekturmaßnahme zu entwickeln.

[0028] Bei Block **116** wird auf der Basis der ausgewählten Korrekturmaßnahme eines oder mehrere von Quantität, Qualität und Verteilung des klimatisierten Fluids des Kühlsystems variiert. Falls beispielsweise die Größe und/oder Intensität eines Isotherms eines heißen Punkts relativ klein ist, kann das Kühlsystem lediglich die Öffnungsgröße der Entlüftung am nächsten zu der Stelle der Isotherme einstellen. Falls andererseits die Größe und/oder Intensität einer Isotherme relativ groß ist, können mehrere Entlüftungen eingestellt werden, zusätzlich zum Erhöhen des Kühlerzyklus. Gleichartig dazu, falls das Kühlsystem mehrere Kühler enthält, könnte der Kühler am nächsten zu der Isotherme im Zyklus erhöht werden. Allgemein kann die Quantität und/oder Qualität des Kühlfluids verringert oder beibehalten werden für Po-

sitionen des Datenzentrums, die Strukturunterschiede in einem vorbestimmten annehmbaren Bereich zeigen. Im Gegensatz dazu können die Quantität und/oder Qualität des Kühlfluids für Stellen des Datenzentrums erhöht werden, die Strukturunterschiede außerhalb eines vorbestimmten annehmbaren Bereichs zeigen. Schließlich wird das Verfahren so ausgeführt, dass der Temperaturerfassungsschritt durch den Schritt des Variierens der klimatisierten Luft eine fortlaufende Schleife sein kann.

[0029] Durchschnittsfachleute auf diesem Gebiet werden erkennen, dass die vorliegende Erfindung in der Lage ist, den Energieverbrauch im Zusammenhang mit dem Kühlen eines Datenzentrums wesentlich zu reduzieren, aufgrund der Verwendung gerichteter positionsspezifischer Kühlung anstatt verteilter Kühlung auf Zimmerebene. Genauer gesagt, das Kühlsystem kann relativ effizienter betrieben werden im Vergleich zu dem Stand der Technik aufgrund eines genaueren Verfahrens zum Verfolgen und Verwenden der tatsächlichen Temperaturmessung als eine Eingabe in die Kühlsystemsteuerung. Anders ausgedrückt, die vorliegende Erfindung liefert Methodik zum Extrahieren einer großen Menge an einzelnen positionsspezifischen Temperaturdatenpunkten und Umwandeln derselben in fortlaufendere fluidartige Informationen in der Form einer thermischen Abbildung. Die vorliegende Erfindung ist geeignet für die Verwendung mit Anwendungen, die Tausende von Sensoren erfordern, oder sogar nur einige gut platzierte Sensoren. Unabhängig davon ermöglicht die vorliegende Erfindung die Verwendung der Zwischenräume zwischen den Sensorpositionen, die beim Bewerten oder Triangulieren der Positionen, Größe und Intensität der heißen Punkte aufgenommen werden, was zu einer genaueren Reduktion dieser Punkte führt, als es der Stand der Technik ermöglicht. Daher präsentiert die vorliegende Erfindung im Vergleich zu dem Stand der Technik und für ein Datenzentrum bestimmter Größe ein genaueres und effizienteres Kühlverfahren und erfordert somit weniger und kleinere Kühlvorrichtungen und weniger Energieverbrauch.

[0030] Obwohl die Erfindung bezüglich einer begrenzten Anzahl von Ausführungsbeispielen beschrieben wurde, ist klar, dass andere Formen durch Fachleute auf diesem Gebiet angepasst werden könnten. Anders ausgedrückt, die Lehren der vorliegenden Erfindung umfassen alle vernünftigen Substitutionen oder Äquivalente von Anspruchsbegrenzungen. Beispielsweise könnten andere Modi zum Ausführen der Verfahrensschritte zusätzlich zu denjenigen, die hierin beschrieben sind, verwendet werden, und das Verfahren könnte unabhängig von dem hierin offenbarten spezifischen System praktiziert werden. Fachleute auf diesem Gebiet werden erkennen, dass andere Anwendungen, einschließlich denjenigen außerhalb von Datenzentrumskühlen, mit dieser

Erfindung möglich sind.

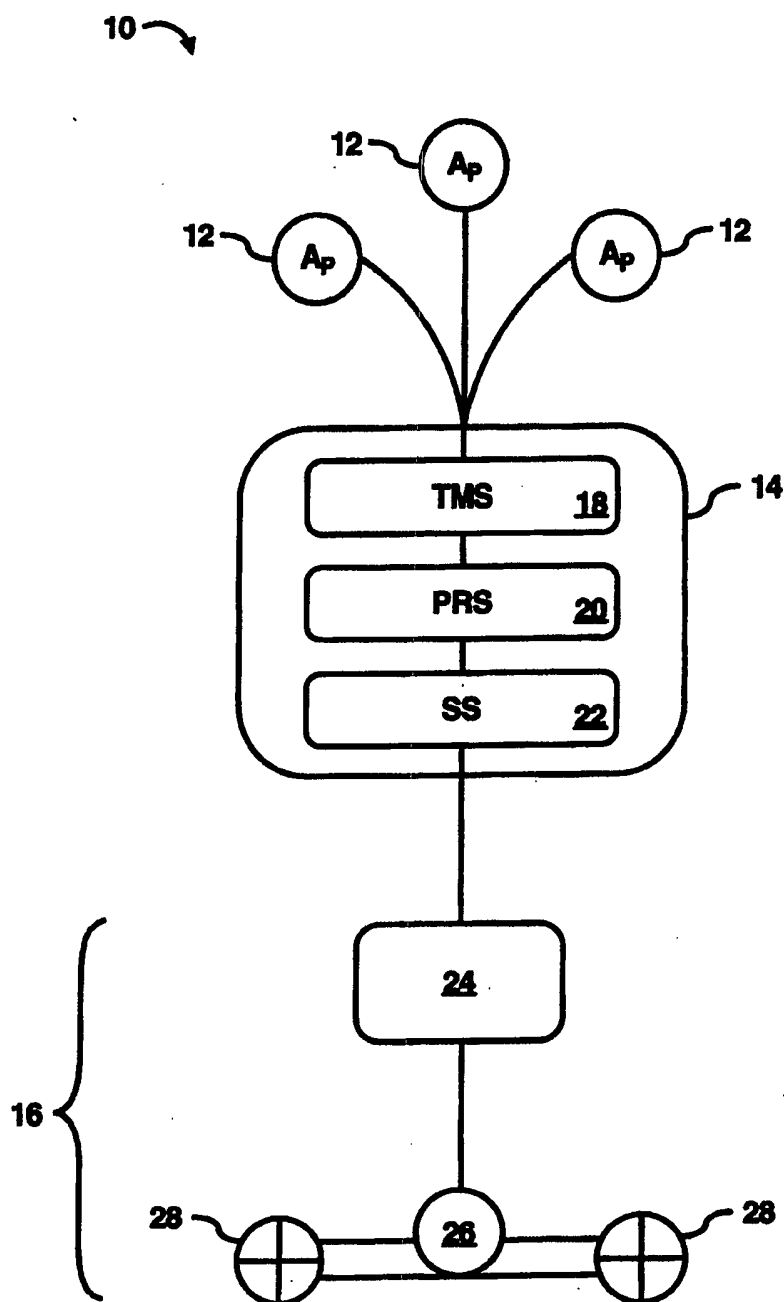
Patentansprüche

1. Ein Verfahren zum Kühlen eines Datenzentrums mit Ausrüstung in demselben, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:
Zuführen **(100)** eines Kühlfluids in dem Datenzentrum, um die Ausrüstung in dem Datenzentrum zu kühlen;
Erfassen **(102)** der Temperatur in dem Datenzentrum an einer Mehrzahl von bekannten Stellen;
Erzeugen **(104)** einer empirischen Wärmeabbildung des Datenzentrums aus den Ergebnissen des Erfassungsschritts und den bekannten Stellen, derart, dass die empirische Wärmeabbildung aus Temperaturkonturen gebildet ist, die verschiedene isotherme Regionen, oder Isothermen, unterschiedlicher Temperaturen definieren;
Vergleichen **(106)** der empirischen Wärmeabbildung mit einer Musterwärmeabbildung;
Identifizieren **(108)** von Strukturunterschieden zwischen der empirischen und der Musterwärmeabbildung;
Bestimmen **(110/112/114)** einer Korrekturmaßnahme, um die Strukturunterschiede zu reduzieren; und
Variieren **(116)** von zumindest entweder der Menge, Qualität oder Verteilung des Kühlfluids gemäß dem Bestimmungsschritt.

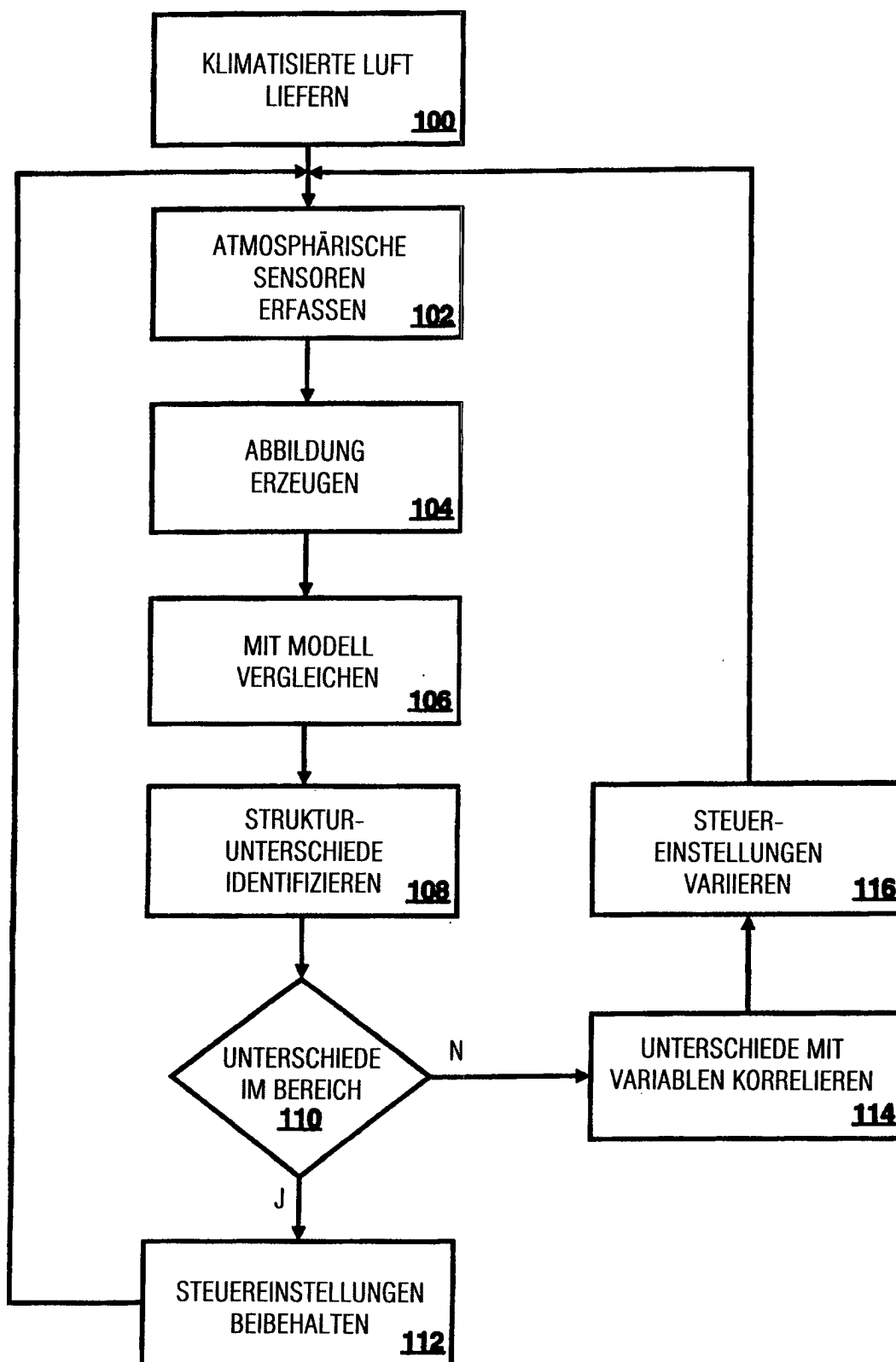
2. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem der Zuführschritt ein Betreiben eines Systems **(10)** aufweist, das zumindest eine einer Mehrzahl von Entlüftungen **(28)**, zumindest einen Lüfter **(26)** und zumindest eine Quelle klimatisierter Luft **(24)** aufweist.

3. Das Verfahren gemäß Anspruch 2, bei dem der Bestimmungsschritt ein Korrelieren von zumindest entweder der Position, Größe oder Intensität der Strukturunterschiede mit zumindest entweder der Position der Mehrzahl von Entlüftungen, der Geschwindigkeit des zumindest einen Lüfters oder der Kapazität der zumindest einen Quelle klimatisierter Luft aufweist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen



FIGUR 1



FIGUR 2