

Parameteranalyse einer leistungsfähigen Kühlungs- Infrastruktur

Von Kevin Dunlap

White Paper Nr. 40

APC[®]
Legendary Reliability[®]

Zusammenfassung

Die kompaktere Konstruktion von Informationstechnologiegeräten bei gleichzeitiger Steigerung der Prozessorleistungsaufnahme stellen Datacenter-Manager, die für eine adäquate Belüftung, die Ableitung von Warmluft und die Bereitstellung ausreichender Kühlkapazität sorgen müssen, vor enorme Herausforderungen. Dieses Dokument enthält eine Checkliste zur Bewertung potentieller Probleme, die sich nachteilig auf die Kühlung innerhalb eines Datacenters auswirken können.

Erläuterung: im nachfolgenden Text werden folgende Abkürzungen verwendet:

CRAC = Computer Room Air Conditioner = Präzisionsklimaanlage

HVAC = Heating, Ventilation Air Conditioning = Heizung, Lüftung, Klimatisierung

©2004 American Power Conversion. Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Veröffentlichung darf ohne schriftliche Genehmigung des Copyright-Eigentümers verwendet, reproduziert, fotokopiert, übertragen oder in einem Datenverarbeitungssystem gespeichert werden. www.apc.com Rev 2004-1

Einführung

Die kompaktere Konstruktion technischer Geräte und die gleichzeitige Zunahme der Prozessorleistung führen zu Problemen bei den verantwortlichen Betreibern, die unternehmenskritische Umgebungen warten und betreiben. Während die Gesamtleistung und Kühlkapazität eines Datacenters möglicherweise den Anforderungen entsprechen, ist dies bei der Belüftung der erforderlichen Bereiche eventuell nicht der Fall. Die gestiegene Anzahl kompakter Geräte, die heute in einem einzigen Schrank untergebracht werden, und die Tatsache, dass immer mehr Datacenter-Manager umfangreiche Installationen mehrerer Racks mit ultrakompakten Blade-Servern in Erwägung ziehen, führen zu einem besorgniserregenden Anstieg der Leistungsanforderung und der Abwärme. Diese neuen Systeme (siehe Abbildung 1) benötigen viel weniger Platz als herkömmliche Rack-Server, sorgen jedoch für eine erhebliche Steigerung der Wärmedichte. Die Integration mehrerer Racks mit hoher Packdichte in ein Datacenter kann zu Problemen führen, die vom Absturz über unerklärliche Leistungsabfälle bis hin zur Verkürzung der Lebensdauer reichen.

Abbildung 1 – Beispiele für die Packdichte



Ein wichtiger Aspekt bei der Konstruktion des Kühlsystems für ein Datacenter ist die Erzeugung eines ungehinderten Strömungswegs von der Kühlquelle bis zu den Einlassöffnungen der Server. Ebenso ist ein freier Strömungsweg von den Abluftöffnungen auf der Serverrückseite zum Rückluftkanal der Klimaanlage erforderlich. Es gibt jedoch mehrere Faktoren, die das Erreichen dieser Ziele verhindern können.

Um festzustellen, ob ein (potentielles) Problem in der Kühlungsinfrastruktur eines Datacenters besteht, sind bestimmte Tests und Messungen erforderlich. Anhand der Ergebnisse lässt sich der einwandfreie Betrieb des Datacenters ermitteln, und Ausfälle elektronischer Geräte aufgrund von Überhitzungen können vermieden werden. Mithilfe dieser Tests können Sie zudem feststellen, ob die verfügbare Kühlkapazität für zukünftige Erweiterungen ausreicht. Die Ergebnisse der beschriebenen Tests sollten anhand der im Anhang enthaltenen Vorlage erfasst und analysiert werden. Mit Hilfe der Analyse des aktuellen Status und der Erstellung einer Grundspezifikation können Sie sicherstellen, dass die Situation durch anschließende Korrekturmaßnahmen verbessert wird. Dieses Dokument zeigt, wie Sie potentielle Kühlprobleme identifizieren, die sich auf die gesamte Kühlkapazität, die Kapazität der Kühldichte und die Betriebseffizienz eines Datacenters auswirken. Erläuterungen zu Lösungen dieser Probleme finden Sie im APC White Paper Nr. 42, „Zehn Schritte zur Lösung von Kühlproblemen in Hochleistungs Serverumgebungen“.

Erläuterung: im nachfolgenden Text werden folgende Abkürzungen verwendet:

CRAC = Computer Room Air Conditioner = Präzisionsklimaanlage

HVAC = Heating, Ventilation Air Conditioning = Heizung, Lüftung, Klimatisierung

©2004 American Power Conversion. Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Veröffentlichung darf ohne schriftliche Genehmigung des Copyright-Eigentümers verwendet, reproduziert, fotokopiert, übertragen oder in einem Datenverarbeitungssystem gespeichert werden. www.apc.com Rev 2004-1

1. Kapazitätstest

Aufgrund der Tatsache, dass 1 Watt IT-Leistung 1 Watt Kühlleistung erfordert, besteht der erste Schritt der Gewährleistung einer angemessenen Kühlung darin, die Kapazität des Kühlsystems der aktuellen und geplanten Leistungsaufnahme anzupassen.

Ein typisches Kühlsystem besteht aus einer CRAC-(Computer Room Air Conditioning = Präzisions-Klimaanlage) Einheit zur Senkung der Raumtemperatur und einer extern montierten Einheit zur Ableitung der Wärme an die Atmosphäre. Weitere Informationen zur Funktionsweise von Klimaanlagen und zu den verschiedenen Klimaanlagentypen finden Sie im APC White Paper Nr. 57, „Grundlegende Regeln für IT Klimalösungen“ bzw. Nr. 59, „Die verschiedenen Typen von Klimaanlagen für IT Umgebungen“. Derzeit erscheinen auf dem Markt neue Formen von Präzisions Klimaanlagen Modellen, die bei einer äußerst hohen Packdichte näher an (oder sogar in) Datenracks platziert werden können.

In einigen Fällen sind die Kühlsysteme größer als erforderlich ausgelegt, um voraussichtliche zukünftige Wärmelasten zu bewältigen. Dieses „Oversizing“ von Kühlsystemen führt jedoch zu einem unerwünscht hohen Stromverbrauch, der vermieden werden kann. Weitere Informationen zu Problemen, die durch die Größe von Einheiten verursacht werden, finden Sie im APC White Paper Nr. 25, „Berechnung der Gesamtkühlleistung für Rechenzentren“.

Überprüfen Sie die Kapazität des Kühlsystems anhand der Modellnomenklatur auf der Innenseite der Präzisionsklima-Einheit. Die Kapazitätswerte entnehmen Sie den technischen Daten des Herstellers. Präzisionsklimaanlagen-Hersteller berechnen die Systemkapazität auf der Grundlage der Einlasslufttemperatur und des Steuerungsgrads der Luftfeuchtigkeit. Der Controller auf jeder Einheit zeigt die Einlasslufttemperatur und die relative Luftfeuchtigkeit an. Ermitteln Sie anhand der technischen Daten die Kapazität der tatsächlich für IT Equipment nutzbaren Kühlung jeder Präzisionsklimaanlagen-Einheit.

Dementsprechend muss die Kapazität des externen Wärmetauschers gleich oder größer als die Gesamtkapazität aller Präzisionsklimaanlagen im Raum sein. In kleineren Systemen werden die internen und externen Komponenten häufig zusammen von einem Hersteller gekauft. In größeren Systemen kann es eher vorkommen, dass der Wärmetauscher separat von einem anderen Hersteller bezogen wurde. In beiden Fällen wurde die Kapazität des Wärmetauschers vermutlich angepasst, was jedoch von einem unabhängigen Unternehmen überprüft werden sollte.

Falls die Kapazität der Präzisionsklima-Einheit und des Wärmetauschers voneinander abweichen, verwenden Sie für diese Berechnungsübung die Komponente mit der niedrigeren Kapazität. (Wenden Sie sich bei den Messungen im Zweifelsfall an den Hersteller oder Lieferanten.)

Sie erhalten auf diese Weise die theoretische maximale Kühlkapazität des Datacenters. Später in diesem Dokument werden Sie sehen, dass verschiedene Faktoren zu einer deutlichen Senkung dieses Höchstwerts führen können.

Die berechnete Höchstkapazität muss anschließend mit der Wärmelastanforderung des Datacenters verglichen werden. In Tabelle 1 finden Sie ein Arbeitsblatt zur schnellen Berechnung der Wärmelast. Sie können damit die gesamte Abwärme des Datacenters schnell und zuverlässig ermitteln. Wie Sie das Arbeitsblatt verwenden, wird unter Tabelle 1 beschrieben. Weitere Informationen finden Sie im APC White Paper Nr. 25, „Berechnung der Gesamtkühlleistung für Rechenzentren“.

Erläuterung: im nachfolgenden Text werden folgende Abkürzungen verwendet:

CRAC = Computer Room Air Conditioner = Präzisionsklimaanlage

HVAC = Heating, Ventilation Air Conditioning = Heizung, Lüftung, Klimatisierung

©2004 American Power Conversion. Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Veröffentlichung darf ohne schriftliche Genehmigung des Copyright-Eigentümers verwendet, reproduziert, fotokopiert, übertragen oder in einem Datenverarbeitungssystem gespeichert werden. www.apc.com Rev 2004-1

Die anhand der folgenden Berechnung ermittelten Wärmelastanforderungen müssen stets unter der theoretischen maximalen Kühlkapazität liegen. Ist dies nicht der Fall, finden Sie im APC White Paper Nr. 42, „Zehn Schritte zur Lösung von Kühlproblemen in Hochleistungs Serverumgebungen“ einige Lösungsvorschläge.

Tabelle 1 – Arbeitsblatt zur Berechnung der Abwärme in Datacentern oder Netzwerkräumen

Komponente	Erforderliche Daten	Berechnung der Abwärme	Zwischensumme der Abwärme
IT-Gerät	Gesamte IT-Leistungsaufnahme in Watt	Wie gesamte IT-Leistungsaufnahme in Watt	_____ Watt
UPS mit Batterie	Nennleistung der USV in Watt	(0,04 x USV-Nennl.) + (0,06 x ges. IT-Leistungsaufn.)	_____ Watt
Stromverteilung	Nennleistung der Stromversorgung in Watt	(0,02 x USV-Nennl.) + (0,02 x ges. IT-Leistungsaufn.)	_____ Watt
Beleuchtung	Stellfläche in m ²	21,53 x Stellfläche (m ²)	_____ Watt
Personal	Max. Anzahl Personen im Datacenter	100 x max. Anzahl Personen	_____ Watt
Summe	Zwischensumme dieser Spalte	Summe der Abwärme-Zwischensummen	_____ Watt

Vorgehensweise

Ermitteln Sie die in der Spalte „Erforderliche Daten“ angegebenen Informationen. Antworten zu Fragen finden Sie unten in den Datendefinitionen. Berechnen Sie die verschiedenen Abwärmewerte, und tragen Sie die Ergebnisse in die Zwischensummenspalte ein. Addieren Sie die Zwischensummen, um die Gesamtabwärme zu erhalten.

Datendefinitionen

Gesamte IT-Leistungsaufnahme in Watt – Die Summe der Leistungsaufnahme aller IT-Geräte.

Nennleistung der USV in Watt – Die Nennleistung des USV-Systems. Bei Verwendung eines redundanten Systems darf die Kapazität des redundanten USV nicht einbezogen werden.

2. Präzisionsklima-Einheiten prüfen

Wenn die Präzisionsklima-Einheiten nicht miteinander koordiniert werden, können sie in der Regel ihre Kühlkapazität nicht voll ausschöpfen und verursachen zusätzliche Betriebskosten. Präzisionsklima-Einheiten arbeiten in der Regel in vier Zuständen: Kühlung, Heizung, Luftbefeuchtung und Luftentfeuchtung. Während zwei dieser Bedingungen gleichzeitig auftreten können (z. B. Kühlung und Luftentfeuchtung), sollten alle Systeme innerhalb eines abgegrenzten Bereichs (4 – 5 benachbarte Einheiten) immer im selben Zustand betrieben werden. Unkoordinierte Präzisionsklima-Einheiten, die in konträren Zuständen arbeiten (z. B. Luftentfeuchtung und Luftbefeuchtung), erzeugen unnötige zusätzliche Betriebskosten und reduzieren die Kühlkapazität. Präzisionsklima-Einheiten sollten getestet werden, um sicherzustellen, dass die gemessenen Temperaturen (Zu- und Abluft) sowie die Luftfeuchtigkeitswerte mit den technischen Spezifikationen übereinstimmen.

Erläuterung: im nachfolgenden Text werden folgende Abkürzungen verwendet:

CRAC = Computer Room Air Conditioner = Präzisionsklimaanlage

HVAC = Heating, Ventilation Air Conditioning = Heizung, Lüftung, Klimatisierung

©2004 American Power Conversion. Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Veröffentlichung darf ohne schriftliche Genehmigung des Copyright-Eigentümers verwendet, reproduziert, fotokopiert, übertragen oder in einem Datenverarbeitungssystem gespeichert werden. www.apc.com Rev 2004-1

Ein Konflikt zwischen den Einheiten kann sich drastisch auf die Effizienz des Präzisionsklima-Systems auswirken. Wird das Problem nicht behoben, kann dies zu einer Senkung des Wirkungsgrads um 20 bis 30 % führen, was im besten Fall unnötige Betriebskosten verursacht, im schlimmsten Fall jedoch Ausfallzeiten aufgrund der unzureichenden Kühlkapazität zur Folge hat.

Zur Optimierung der Effizienz und der Senkung der Kosten sollte der Betrieb des Systems innerhalb niedrigerer Grenzwerte für die relative Luftfeuchtigkeit in Erwägung gezogen werden. Eine geringfügige Senkung des Sollwerts kann zu einer enormen Steigerung der Kühlkapazität führen und die Betriebsdauer des Luftbefeuchters verkürzen. Wie in Tabelle 2 dargestellt wird, führt die Sollwertsenkung der relativen Luftfeuchtigkeit von 50 auf 45 zu einer erheblichen Einsparung von Betriebskosten.

Tabelle 2 – Beispiel für Kosteneinsparungen für die Luftbefeuchtung bei gesenktem Sollwert

Temperatur 22,2 °C		
Sollwert relative Luftfeuchtigkeit	50 %	45 %
Kühlkapazität – kW (BTU/Std.)		
Gesamtkühlkapazität	48,6 (166.000)	49,9 (170.000)
Gesamte sensible (Temperaturänderungs-)Kapazität	45,3 (155.000)	49,9 (170.000)
Luftbefeuchtungsanforderungen		
Gesamte latente Leistung (entfeuchtet)	3,3 (11.000)	0
M3/hr. erforderliche Luftbefeuchtung – kW / 0,3148 (BTU/1074)	10,24	0
Luftbefeuchterbetrieb	100,0 %	0,0 %
Für Luftbefeuchtung erforderliche kW	3,2	0
Jährliche Kosten für Luftbefeuchtung (Kosten pro kW x 8760 x erforderliche kW) in Stromkosten dargestellt	\$ 2.242,56	\$ 0,00

Hinweis: Voraussetzungen und Spezifikationen zum oben aufgeführten Beispiel finden Sie im Anhang.

Sollwerte prüfen

Die Sollwerte für Temperatur und Luftfeuchtigkeit müssen in allen CRAC-Einheiten des Datacenters konsistent sein. Unterschiedliche Sollwerte führen zu Konflikten und Schwankungen im Raum. Wärmelasten und Feuchtigkeitsgehalt sind relative Konstanten innerhalb eines Bereichs, und CRAC-Einheiten sollten in Gruppen betrieben werden, in denen konkurrierende Betriebszustände durch ein Gebäudeleittechniksystem (GLT-System) oder ein Datenübertragungskabel zwischen den Präzisionsklimaanlagen innerhalb der Gruppe ausgeschaltet werden. Zwei Einheiten dürfen während eines aufgezeichneten Intervalls nicht in konkurrierenden Zuständen betrieben werden, es sei denn, sie befinden sich in separaten Gruppen. Alle Einheiten einer Gruppe versorgen einen festgelegten Bereich.

Die Sollwertparameter müssen innerhalb der folgenden Bereiche liegen:

- **Temperatur: 20 – 25 °C**
- **Luftfeuchtigkeit: 40 – 55 % (relativ)**

Um die Systemleistung zu testen, muss die Temperatur der Rückluft und der Zuluft gemessen werden. Dabei sollten drei Überwachungspunkte in der Mitte der Zuluft- und Rückluftöffnungen verwendet werden (siehe Abbildung 2)

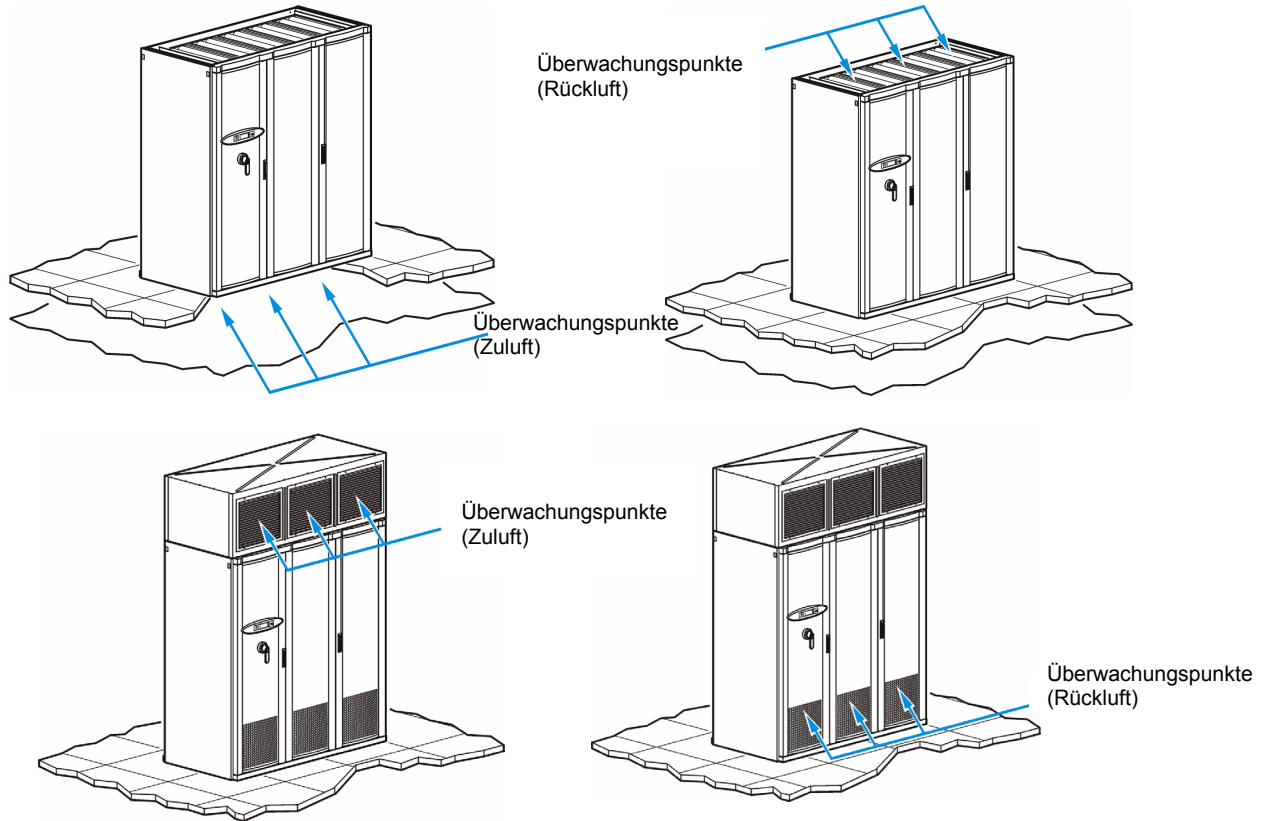
Erläuterung: im nachfolgenden Text werden folgende Abkürzungen verwendet:

CRAC = Computer Room Air Conditioner = Präzisionsklimaanlage

HVAC = Heating, Ventilation Air Conditioning = Heizung, Lüftung, Klimatisierung

©2004 American Power Conversion. Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Veröffentlichung darf ohne schriftliche Genehmigung des Copyright-Eigentümers verwendet, reproduziert, fotokopiert, übertragen oder in einem Datenverarbeitungssystem gespeichert werden. www.apc.com Rev 2004-1

Abbildung 2 – Überwachungspunkte für Zuluft- und Rücklufttemperatur



Obere Abbildungen mit Doppelboden, untere Abbildungen ohne Doppelboden!

Im Optimalfall sollte die Temperatur der Zuluft der vom Server erforderlichen Einlasstemperatur entsprechen. Dies überprüfen Sie später, indem Sie die Temperatur an den Lufteinlässen der Server messen. Die gemessene Rücklufttemperatur sollte größer oder gleich der in Abbildungsschritt 4 gemessenen Temperatur sein. Liegt die Rücklufttemperatur unter diesem Wert, weist dies auf eine ineffiziente Leistung aufgrund einer fehlgeleiteten Luftzirkulation hin. Dies kommt vor, wenn die kalte Zuluft von der Präzisionsklima-Einheit am IT-Gerät vorbei direkt in den Rückluftkanal der Präzisionsklima-Einheit strömt. Informationen zur Vermeidung dieses Problems finden Sie im APC White Paper Nr. 49, „Vermeidbare Fehler mit Auswirkung auf die Kühlleistung in Datacentern und Netzwerkräumen“. Die Fehlleitung von Kühlluft ist die Hauptursache für Überhitzungen und kann durch zahlreiche Faktoren verursacht werden. Eine Erläuterung dieser Faktoren finden Sie in den Abschnitten 6-10 dieses Dokuments.

Stellen Sie außerdem sicher, dass die Filter sauber sind. Ein eingeschränkter Luftstrom in der CRAC-Einheit kann einen Alarm auslösen, woraufhin das System heruntergefahren wird. Filter sollten als vorbeugende Wartungsmaßnahme vierteljährlich erneuert werden.

Erläuterung: im nachfolgenden Text werden folgende Abkürzungen verwendet:

CRAC = Computer Room Air Conditioner = Präzisionsklimaanlage

HVAC = Heating, Ventilation Air Conditioning = Heizung, Lüftung, Klimatisierung

©2004 American Power Conversion. Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Veröffentlichung darf ohne schriftliche Genehmigung des Copyright-Eigentümers verwendet, reproduziert, fotokopiert, übertragen oder in einem Datenverarbeitungssystem gespeichert werden. www.apc.com Rev 2004-1

3. Hauptkühlkreise prüfen und testen

Für diesen Abschnitt sind Grundkenntnisse von Klimaanlagegeräten erforderlich. Weitere Informationen hierzu finden Sie im APC White Paper Nr. 59, „Die verschiedenen Typen von Präzisionsklimaanlagen für IT Umgebungen“. Lassen Sie den Zustand der Kühler (sofern zutreffend), der Pumpenanlagen und der primären Kühlschleifen von Ihrer Wartungsfirma oder einem unabhängigen Heizung, Klimatisierung und Lüftungs-Vertreter überprüfen. Stellen Sie sicher, dass alle Ventile ordnungsgemäß funktionieren.

Kühlwasserkreislauf

Der Zustand des Kühlwasserkreislaufes wirkt sich unmittelbar darauf aus, inwieweit die CRAC-Einheit in der Lage ist, den Raum oder Doppelboden ordnungsgemäß mit Kühlluft zu versorgen. Lassen Sie die Zulufttemperatur von Ihrer Wartungsfirma oder einem unabhängigen HVAC-Vertreter prüfen. Für einen schnellen Test kann die Temperatur der Zuleitung zur Präzisionsklima-Einheit verwendet werden. Messen Sie mithilfe eines Laserthermometers die Temperatur der Oberfläche der Präzisionsklima-Zuleitung. In vielen Fällen sind die Leitungen mit Messuhren ausgestattet, die die Temperatur des Wasserzulaufs anzeigen.

Kühlwasserleitungen sind vom Luftstrom isoliert, um eine Kondenswasserbildung auf der Leitungsoberfläche zu vermeiden. Für eine exakte Messung schieben Sie die Isolierung an einer geeigneten Stelle zurück und messen die Temperatur direkt auf der Leitungsoberfläche. Falls dies nicht möglich ist, können Sie die Messung in der Regel an einem kleinen, nicht isolierten Abschnitt in der Präzisionsklima-Einheit am Einlass des Wärmetauschers durchführen.

Wärmetauscherkreislauf (Wasser- und Glykol-gekühlt)

Mit Wasser und Glykol gekühlte Systeme verwenden einen Wärmetauscher in der Präzisionsklima-Einheit, um Wärme von der CRAC-Einheit an den Wasserkreislauf zu übertragen. Die Wasserleitungen des Wärmetauschers sind in der Regel aufgrund der höheren Temperaturen des Versorgungswassers nicht isoliert. Messen Sie die Temperatur der Oberfläche der Zulaufleitung am Einlass der Präzisionsklima-Einheit. Bei Split-(DX-)Systemen sollte sichergestellt werden, dass sie mit der entsprechenden Menge an Kühlmittel gefüllt sind.

Luft-Kältemittel Leitungen

Wie bei mit Wasser und Glykol gekühlten Präzisionsklimaanlagen sollte auch hier der Kühlmittelstand geprüft werden. Lassen Sie den Zustand der Kühlmittelleitung und der externen Wärmetauscher sowie den Kühlmittelstand von Ihrer Wartungsfirma oder einem unabhängigen Heizung, Belüftung, Klimatisierungs-Vertreter überprüfen.

Vergleichen Sie die Temperaturen mit denen in Tabelle 3. Temperaturen außerhalb dieser Richtwerte weisen unter Umständen auf ein Problem mit der Versorgungsleitung hin.

Tabelle 3 – Toleranzen der Versorgungskreislaufumtemperatur

Kühlwasser	Kondensatorwasser (wassergekühlt)	Kondensatorwasser (Glykol-gekühlt)
7,2 °C (+/- 1,1-1,7 °C)	Max 32,2 °C	Max 43,3 °C

Erläuterung: im nachfolgenden Text werden folgende Abkürzungen verwendet:

CRAC = Computer Room Air Conditioner = Präzisionsklimaanlage

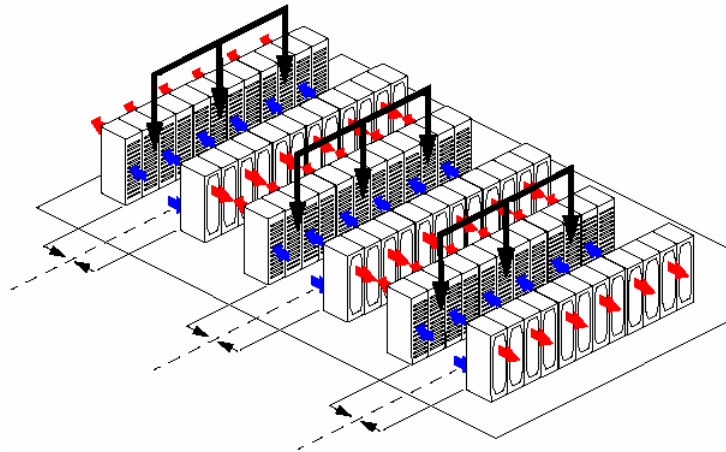
HVAC = Heating, Ventilation Air Conditioning = Heizung, Lüftung, Klimatisierung

©2004 American Power Conversion. Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Veröffentlichung darf ohne schriftliche Genehmigung des Copyright-Eigentümers verwendet, reproduziert, fotokopiert, übertragen oder in einem Datenverarbeitungssystem gespeichert werden. www.apc.com Rev 2004-1

4. Gangtemperaturen aufzeichnen

Indem Sie die Temperaturen an verschiedenen Stellen in den Gängen zwischen den Rackreihen aufzeichnen, erhalten Sie ein Temperaturprofil, das bei der Diagnose potentieller Kühlprobleme hilft und sicherstellt, dass kritische Bereiche gekühlt werden. Eine falsche Anordnung der Gänge kann zu Hotspots an verschiedenen Stellen führen und den Ausfall mehrerer Geräte zur Folge haben. In Abschnitt 9 finden Sie eine Beschreibung und Darstellung einer bewährten Verfahrensweise für Rackanordnungen. Messen Sie die Raumtemperatur an strategischen Punkten in den Gängen des Datacenters¹. Die Messpunkte sollten sich generell in der Mitte der Gänge auf der Höhe von ca. jedem vierten Rack befinden (siehe Abbildung 3).

Abbildung 3 – ASHRAE TC9.9 Messpunkte in warmen und kalten Gängen



Nachdruck mit Genehmigung von ASHRAE 2004. (c) American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., www.ashrae.org.

Die Temperaturmesspunkte in den Gängen sollten 1,5 m über dem Boden liegen. Wenn keine professionelleren Möglichkeiten zum Messen der Temperaturen in den Gängen zur Verfügung stehen, betrachten Sie dies als eine provisorische Messung. Zeichnen Sie die Temperaturen auf, und vergleichen Sie sie mit den vom IT-Gerätehersteller empfohlenen Einlasstemperaturen. Falls die empfohlenen Einlasstemperaturen von IT-Geräten nicht verfügbar sind, verwenden Sie als Richtwert entsprechend der ASHRAE-Norm 20–25 °C. Temperaturen außerhalb dieser Toleranz können zur Beeinträchtigung der Systemleistung, der Verkürzung der Gerätelebensdauer sowie unerwarteten Ausfallzeiten führen. Hinweis: Alle oben aufgeführten Prüfungen und Tests sollten vierteljährlich durchgeführt werden. Temperaturprüfungen sollten über einen Zeitraum von 48 Stunden durchgeführt werden, um die Höchst- und Mindestwerte zu erfassen.

¹ ASHRAE-Norm TC9.9 enthält weitere Details zur Positionierung von Sensoren für optimale Testergebnisse und empfohlene Einlasstemperaturen. ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers www.ashrae.org)

Erläuterung: im nachfolgenden Text werden folgende Abkürzungen verwendet:

CRAC = Computer Room Air Conditioner = Präzisionsklimaanlage

HVAC = Heating, Ventilation Air Conditioning = Heizung, Lüftung, Klimatisierung

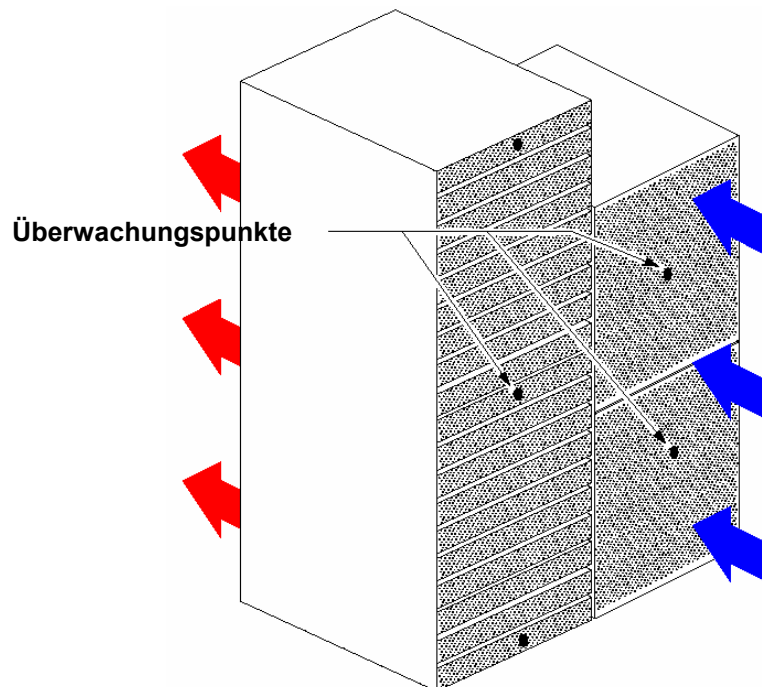
©2004 American Power Conversion. Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Veröffentlichung darf ohne schriftliche Genehmigung des Copyright-Eigentümers verwendet, reproduziert, fotokopiert, übertragen oder in einem Datenverarbeitungssystem gespeichert werden. www.apc.com Rev 2004-1

5. Racktemperaturen aufzeichnen

Eine mangelhafte Belüftung auf der Vorderseite eines Racks kann dazu führen, dass die warme Abluft des Geräts direkt durch die Einlassöffnungen zurückströmt. Dies kann bei einigen Geräten, vorwiegend im oberen Bereich des Racks, zu Überhitzung und zum Herunterfahren oder Absturz führen. In diesem Schritt wird sichergestellt, dass die generellen Einlasstemperaturen des Racks den Anforderungen der installierten Geräte entsprechen. Messen Sie die Temperaturen auf der Vorderseite des Racks mittig im unteren, mittleren und oberen Bereich (siehe Abbildung 4). Falls das Rack nicht komplett mit Geräten gefüllt ist, messen Sie die Einlasstemperatur in der Mitte jedes einzelnen Geräts. Richtwerte für akzeptable Einlasstemperaturen entnehmen Sie Schritt 2. Nicht den Richtwerten entsprechende Temperaturen weisen auf ein Kühlproblem am entsprechenden Überwachungspunkt hin.

Die Überwachungspunkte sollten sich 50 mm von der Vorderseite des Rackgeräts entfernt befinden. Die Überwachung kann mit Thermoelementen erfolgen, die an ein Datenerfassungsgerät angeschlossen sind. Die Temperatur an Überwachungspunkten kann auch zur schnellen Prüfung provisorisch mit einem Laserthermometer gemessen werden.

Abbildung 4 – ASHRAE-Überwachungspunkte für Einlasstemperaturen von Geräten



Nachdruck mit Genehmigung von ASHRAE 2004. (c) American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., www.ashrae.org.

Erläuterung: im nachfolgenden Text werden folgende Abkürzungen verwendet:

CRAC = Computer Room Air Conditioner = Präzisionsklimaanlage

HVAC = Heating, Ventilation Air Conditioning = Heizung, Lüftung, Klimatisierung

©2004 American Power Conversion. Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Veröffentlichung darf ohne schriftliche Genehmigung des Copyright-Eigentümers verwendet, reproduziert, fotokopiert, übertragen oder in einem Datenverarbeitungssystem gespeichert werden. www.apc.com Rev 2004-1

6. Luftstromgeschwindigkeit an Bodengittern prüfen

Wichtig zu wissen ist, dass die Kühlkapazität des Schrankes direkt mit der zugeführten Luftstrommenge verbunden ist, die in m³/s (Kubikmeter pro Sekunde) gemessen wird. IT-Geräte sind so ausgelegt, dass sie die Temperatur der Zuluft um 11–17 °C erhöhen. Mithilfe der Gleichung für die Wärmeableitung lässt sich die erforderliche Luftstrommenge bei einem gegebenen Temperaturanstieg schnell berechnen.

CMS = die erforderliche Luftstrommenge zum Ableiten der von IT-Geräten erzeugten Wärme

Q = die abzuleitende Wärmemenge in Kilowatt (kW)

ΔT in Grad Celsius = die Ablufttemperatur des Geräts minus der Einlasstemperatur

Q = 1,21 x Delta T x m³/s

$$CFM = \frac{3,412 \times Q}{1.085 \times \Delta T}$$

So berechnen Sie den erforderlichen CFM-Wert zum Kühlen eines 1-kW-Servers bei einem Temperaturanstieg von 11 °C (bzw. in diesem Fall 20 °F).

$$CFM = \frac{3,412 \times 1kW}{1.085 \times 20^{\circ}F} = 157.23$$

Daraus ergibt sich, dass je 1 kW Wärmeableitung bei einem konstruktionsbedingten Temperaturanstieg durch das IT-Gerät (DeltaT) von 11 °C das Gerät mit 75,5 l/s Kühlluft versorgt werden muss. Bei der Berechnung des erforderlichen Luftstroms pro Rack kann dieses Ergebnis als Näherungswert für die technischen Spezifikation verwendet werden. In jedem Fall sind jedoch die auf dem Typenschild angegebenen Anforderungen des Herstellers zu erfüllen.

$$CFM / kW = 157.23$$

Pro KW 0,0755 m³/s oder 272 m³/h oder 4,53 m³/s oder 75,5 l/s

Unter Verwendung der technischen Spezifikation und der normalen Luftstromkapazität von Bodenplatten, die in Tabelle 5 dargestellt wird, sollte die maximale Leistungsdichte pro Schrank zwischen 1,25 und 2,5 kW liegen. Dies gilt für Installationen, die eine Bodenplatte pro Schrank verwenden. In Fällen, in denen das Verhältnis Schrank zu Bodenplatte größer als eins ist, muss die verfügbare Kühlkapazität auf die Schränke der Reihe verteilt werden.

Luftstrom von Lüftungs-Bodenplatten testen

Die verfügbare Kühlkapazität einer gelochten Bodenplatte lässt sich einfach messen, indem Sie ein kleines DIN A4 Blatt Papier auf die Bodenplatte legen. Wird das Papier angesaugt, bedeutet dies, dass Luft in den Doppelboden gesaugt wird, was auf ein Problem mit der Rack- und Präzisionsklima-Platzierung hindeutet. Bewegt sich das Papier nicht, kann dies bedeuten, dass keine Kühlluft zu dieser Bodenplatte strömt. Wird das Papier von der Bodenplatte abgehoben, beweist dies, dass aus dieser Bodenplatte Luft strömt. Je nach Leistungsdichte des zu kühlenden Geräts

Erläuterung: im nachfolgenden Text werden folgende Abkürzungen verwendet:

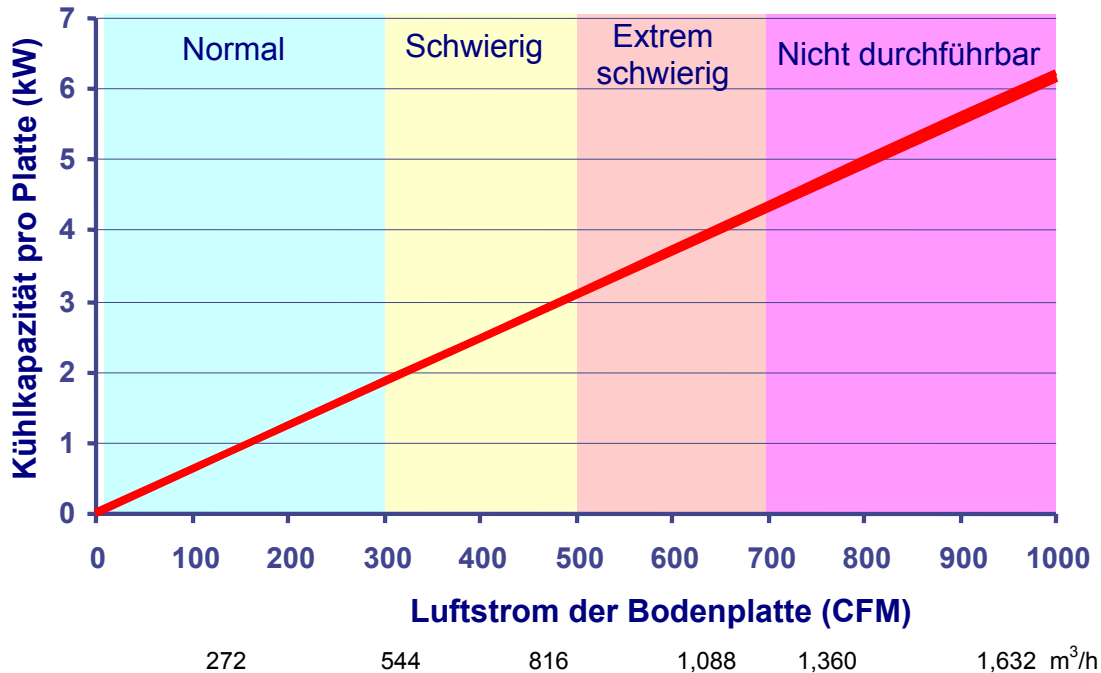
CRAC = Computer Room Air Conditioner = Präzisionsklimaanlage

HVAC = Heating, Ventilation Air Conditioning = Heizung, Lüftung, Klimatisierung

©2004 American Power Conversion. Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Veröffentlichung darf ohne schriftliche Genehmigung des Copyright-Eigentümers verwendet, reproduziert, fotokopiert, übertragen oder in einem Datenverarbeitungssystem gespeichert werden. www.apc.com Rev 2004-1

kann es jedoch sein, dass die Belüftung durch die Bodenplatte unzureichend ist. In diesem Fall ist möglicherweise ein Gitter oder ein Belüftungsgerät erforderlich, um die Vorderseite der Racks besser mit Kühlluft zu versorgen.

Abbildung 5 – Verfügbare Kühlkapazität einer Bodenplatte für ein Rackgehäuse auf der Basis des Luftstroms pro Platte



7. Sichtprüfung der 19" Schränke

Ungenutzte vertikale Bereiche in Rackgehäusen führen dazu, dass die warme Abluft von Geräten direkt zum Einlass der Geräte zurückströmt. Die Folge dieser unkontrollierten Warmluftzirkulation ist eine unnötige Überhitzung und eine eventuelle damit verbundene Beschädigung oder der Ausfall des Geräts. Eine ausführlichere Beschreibung zur Verwendung von Blindblenden, um diesen Effekt zu vermeiden, finden Sie im APC White Paper Nr. 44, „Verbesserung der Rackkühlleistung durch den Einsatz von Blindblenden“. Führen Sie eine Sichtprüfung jedes Racks durch. Sind Lücken in den HE-Positionen vorhanden? Werden Röhren-Monitore verwendet? Sind Blindblenden in den Racks installiert? Wird der Luftstrom durch die Verkabelung behindert?

Falls sichtbare Lücken in den HE-Positionen vorhanden sind, Blindblenden nicht installiert wurden oder überschüssige Kabellängen im hinteren Teil des Racks untergebracht sind, ist die Erzeugung eines optimalen Luftstroms innerhalb des Racks nicht möglich (siehe Abbildung 6).

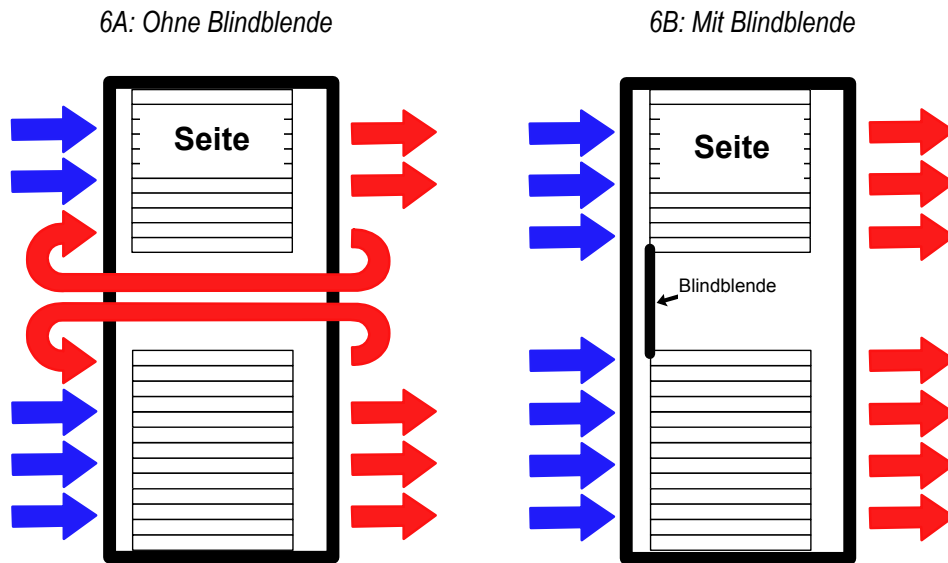
Erläuterung: im nachfolgenden Text werden folgende Abkürzungen verwendet:

CRAC = Computer Room Air Conditioner = Präzisionsklimaanlage

HVAC = Heating, Ventilation Air Conditioning = Heizung, Lüftung, Klimatisierung

©2004 American Power Conversion. Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Veröffentlichung darf ohne schriftliche Genehmigung des Copyright-Eigentümers verwendet, reproduziert, fotokopiert, übertragen oder in einem Datenverarbeitungssystem gespeichert werden. www.apc.com Rev 2004-1

Abbildung 6 – Diagramme zum Effekt von Blindblenden auf den Rackluftstrom



8. Strömungswege in Doppelböden prüfen

Stellen Sie sicher, dass Doppelböden sauber und/oder frei von Gegenständen sind. Jeglicher Staub und Schmutz in Doppelböden wird durch die Bodengitter nach oben geblasen und von den IT-Geräten angesaugt. Gegenstände im Doppelboden, wie etwa Netzwerk- und Stromkabel, behindern den Luftstrom und beeinträchtigen die Kühlung der Racks. Mit dem Hinzufügen weiterer Racks und Server werden weitere Strom- und Netzkabel verlegt. Häufig werden auch nicht mehr benötigte Verkabelungen von entfernten oder ausgetauschten Servern und Racks im Doppelboden belassen.

Wenn ein Doppelboden zur Belüftung verwendet wird, sollte vorher eine Sichtprüfung des Doppelbodens erfolgen. Lücken, Öffnungen und fehlende Bodenplatten verhindern den Aufbau des erforderlichen statischen Drucks im Doppelboden. Die Fähigkeit, Luftstromgeschwindigkeiten von perforierten Bodenplatten aufrecht zu erhalten, wird durch nicht abgedichtete Bereiche im Doppelboden erheblich reduziert.

Ersetzen Sie fehlende Bodenplatten. Der Boden sollte in allen Bereichen aus durchgehenden oder perforierten Bodenplatten bestehen. Kabelöffnungen in den Platten des Doppelbodens sollten mit Bürstenstreifen oder anderen für diesen Zweck geeigneten Kabelverlegungsprodukten abgedichtet werden. Durchgeführte Messungen zeigen, dass 50 bis 80 % der verfügbaren Kühlluft vorzeitig durch nicht abgedichtete Kabelöffnungen entweicht.

Erläuterung: im nachfolgenden Text werden folgende Abkürzungen verwendet:

CRAC = Computer Room Air Conditioner = Präzisionsklimaanlage

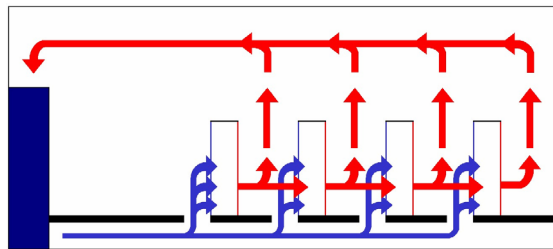
HVAC = Heating, Ventilation Air Conditioning = Heizung, Lüftung, Klimatisierung

©2004 American Power Conversion. Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Veröffentlichung darf ohne schriftliche Genehmigung des Copyright-Eigentümers verwendet, reproduziert, fotokopiert, übertragen oder in einem Datenverarbeitungssystem gespeichert werden. www.apc.com Rev 2004-1

9. Anordnung von Gängen und Bodenplatten prüfen

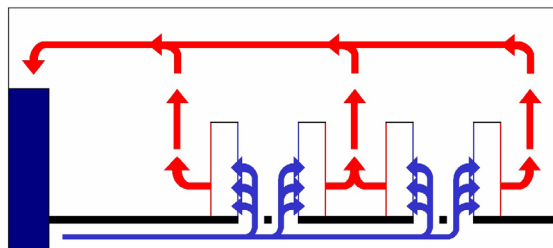
Abgesehen von wenigen Ausnahmen wurden die meisten Rackserver so konstruiert, dass Luft auf der Vorderseite angesaugt und auf der Rückseite ausgeblasen wird. Wenn alle Racks in die gleiche Richtung zeigen, wird die in den Gang geblasene warme Abluft der ersten Rackreihe mit Zuluft oder Raumluft vermischt und anschließend an der Vorderseite der Racks der zweiten Reihe angesaugt (siehe Abbildung 7). Luft strömt nacheinander durch die einzelnen Reihen von IT-Geräten, wobei sich ihre Temperatur von Reihe zu Reihe erhöht. Wenn die Schränke in allen Reihen so angeordnet sind, dass die Einlassöffnungen der Server in die gleiche Richtung zeigen, sind Fehlfunktionen der Geräte vorprogrammiert.

Abbildung 7 – Rackanordnung ohne Unterteilung in warme und kalte Gänge



Die Anordnung der Racks in warmen und kalten Gängen sorgt für eine Trennung der Abluft von den Einlassöffnungen der Server. Auf diese Weise kann die kalte Zuluft von den Bodenplatten in „reinerem“ Zustand in die Schränke strömen (siehe Abbildung 8). Weitere Informationen zu Belüftungsarchitekturen in Datacentern finden Sie im APC White Paper Nr. 55, „Luftverteilungsarchitektur für datenkritische Betriebsanlagen“.

Abbildung 8 – Rackanordnung in warmen und kalten Gängen



Die falsche Platzierung dieser Lüftungsöffnungen kann dazu führen, dass kalte Zuluft mit warmer Abluft gemischt wird, bevor sie das IT Equipment erreicht, was zu den bereits beschriebenen Folgen durch Ausfall, Leistungseinbuße und zusätzlichen Kosten führt. Falsch platzierte Zuluft- oder Rückluftöffnungen sind ein häufiges Problem, das so gut wie alle Vorteile der Anordnung in warmen und kalten Gängen zunichte machen kann.

10. Position von Präzisionsklima-Einheiten prüfen

Die Position der Präzisionsklima-Einheiten relativ zum Gang spielt eine wichtige Rolle für die Belüftung. Je nach Belüftungsarchitektur sollten Präzisionsklima-Einheiten im rechten Winkel zu einem warmen oder kalten Gang platziert werden (siehe Abbildung 9). Bei Verwendung eines Doppelbodens zur Belüftung stellen Sie die Präzisionsklima-Einheiten am Ende der warmen Gänge auf. Der Warmluftfrücklauf zur Präzisionsklima-Einheit erfolgt

Erläuterung: im nachfolgenden Text werden folgende Abkürzungen verwendet:

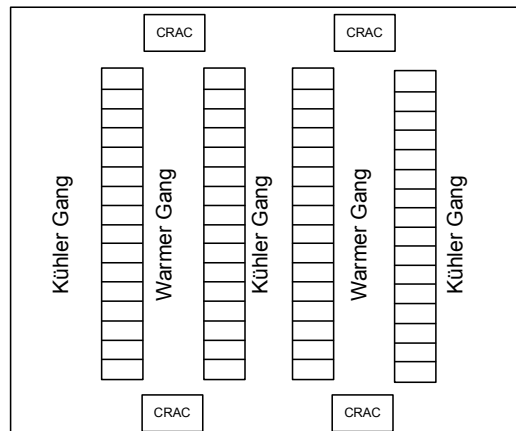
CRAC = Computer Room Air Conditioner = Präzisionsklimaanlage

HVAC = Heating, Ventilation Air Conditioning = Heizung, Lüftung, Klimatisierung

©2004 American Power Conversion. Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Veröffentlichung darf ohne schriftliche Genehmigung des Copyright-Eigentümers verwendet, reproduziert, fotokopiert, übertragen oder in einem Datenverarbeitungssystem gespeichert werden. www.apc.com Rev 2004-1

im entsprechenden Gang, ohne dass Luft in andere Gänge gesaugt wird und sich die Gefahr einer Rezirkulation der Abluft erhöht. Da warme und kalte Luft besser voneinander getrennt gehalten werden, steigt die Kapazität der Präzisionsklima-Einheiten durch wärmere Rücklufttemperaturen. Dies kann bedeuten, dass weniger Präzisionsklima-Einheiten im Raum benötigt werden.

Abbildung 9 – Anordnung von Präzisionsklima-Einheiten in warmen Gängen



Bei Verwendung eines Doppelbodens sollten die Präzisionsklima-Einheiten am Ende der kalten Gänge aufgestellt werden. Auf diese Weise wird die Zuluft zur Vorderseite der Schränke geleitet. Diese Anordnung führt zu einer gewissen Mischung warmer und kalter Luft, weshalb sie nur bei einer niedrigen Leistungsdichte pro Rack verwendet werden sollte.

Schlussfolgerung

Routinechecks des Kühlsystems eines Datacenters können für eine frühzeitige Erkennung potentieller Probleme sorgen und somit zur Verhinderung von Ausfallzeiten beitragen. Änderungen an der Leistungsaufnahme, IT-Erneuerungen und Erweiterungen können die erzeugte Menge an Abwärme im Datacenter ändern. Regelmäßige Statusprüfungen geben in der Regel Aufschluss über die Auswirkung dieser Änderungen, bevor sich daraus größere Probleme entwickeln. Die passende Umgebung für eine gegebene Leistungsdichte erzielen Sie, indem Sie die in diesem White Paper erläuterten Statusprüfungen durchführen und die so erkannten Probleme beheben. Weitere Informationen zu Kühllösungen bei höheren Leistungsdichten finden Sie im APC White Paper Nr. 42, „Zehn Schritte zur Lösung von Kühlproblemen in Hochleistungs Serverumgebungen“.

Der Autor:

Kevin Dunlap ist Produkt Marketing Manager für Kühllösungen bei American Power Conversion (APC). Er ist seit 1994 in der Branche tätig, arbeitete erst bei einem Anbieter von Hard- und Software für Leistungsmanagement und kam später als Produkt-Manager zu APC.

Dunlap ist Mitglied mehrerer Industrieforen, Konsortien und ASHRAE-Komitees für Wärmemanagement und energiesparende Klimageräte.

Erläuterung: im nachfolgenden Text werden folgende Abkürzungen verwendet:

CRAC = Computer Room Air Conditioner = Präzisionsklimaanlage

HVAC = Heating, Ventilation Air Conditioning = Heizung, Lüftung, Klimatisierung

©2004 American Power Conversion. Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Veröffentlichung darf ohne schriftliche Genehmigung des Copyright-Eigentümers verwendet, reproduziert, fotokopiert, übertragen oder in einem Datenverarbeitungssystem gespeichert werden. www.apc.com Rev 2004-1

Anhang

Voraussetzungen und Spezifikationen für Tabelle 2

Beide Szenarien des Beispiels in Tabelle 2 zur Kosteneinsparung bei der Luftbefeuchtung basieren auf den folgenden Voraussetzungen:

- 40 kW elektrische IT-Last, die eine Wärmeableitung von ca. 40 kW ergibt
- Rücklufttemperatur am CRAC-Einlass: 22,2 °C
- Basierend auf einer ununterbrochenen Betriebsdauer von einem Jahr (7 x 24), d. h. 8.760 Stunden
- Luftvolumen der CRAC-Einheit: 4.245 l/s (9.000 CFM) = 254,7 m³/min = 15.282 m³/h
- Belüftung ist erforderlich, der Einfachheit halber wurde jedoch angenommen, dass das Datacenter vollständig abgedichtet ist – keine Infiltration/Belüftung
- Als Kosten pro kW/Std. wurden US\$ 0,08 angesetzt
- CRAC-Spezifikationen auf der Basis eines APC FM40:
 - Standard-Downflow
 - Glykol-gekühlte Einheit (ohne Mehrfachkühlung oder Klimagerät)
 - Elektrodendampf-Luftbefeuchter und Delta T (Kunststoffkanister mit automatischer Wasserstandsregelung auf der Basis der Wasserleitfähigkeit)
 - Luftbefeuchterkapazität: 10 lbs./hr.
 - Leistungsaufnahme des Luftbefeuchters: 3,2 kW
 - Spannung: 400 V / 230V

Erläuterung: im nachfolgenden Text werden folgende Abkürzungen verwendet:

CRAC = Computer Room Air Conditioner = Präzisionsklimaanlage

HVAC = Heating, Ventilation Air Conditioning = Heizung, Lüftung, Klimatisierung

©2004 American Power Conversion. Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Veröffentlichung darf ohne schriftliche Genehmigung des Copyright-Eigentümers verwendet, reproduziert, fotokopiert, übertragen oder in einem Datenverarbeitungssystem gespeichert werden. www.apc.com Rev 2004-1

Checkliste für Kühlsystemprüfung

Kapazitätsprüfung				
CRAC	Modell	Gesamtkapazität	Sensible Kapazität	Gesamt
Einheit 1				
Einheit 2				
Einheit 3				
Einheit 4				
Einheit 5				
Einheit 6				
Einheit 7				
Einheit 8				
Einheit 9				
Einheit 10				
Gesamte nutzbare Kapazität = SUM (sensible Kapazität x Gesamt)				

Wärmelastanforderung			
IT-Gerät	Gesamte IT-Leistungsaufnahme in Watt	Wie gesamte IT-Leistungsaufnahme in	
UPS mit Batterie	Nennleistung der Stromversorgung in Watt	(0,04 x Stromvers.-Nennl.) + (0,06 x ges. IT-Leistungsaufn.)	
Stromverteilung	Nennleistung der Stromversorgung in Watt	(0,02 x Stromvers.-Nennl.) + (0,02 x ges. IT-Leistungsaufn.)	
Beleuchtung	Stellfläche in qm	21,53 x Stellfläche (m²)	
Personal	Max. Anzahl Personen im Datacenter	100 x max. Anzahl Personen	
Summe	Zwischensummen von oben	Summe Abwärme	
Ist die Kapazität gleich oder größer als die Abwärme? <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein			

CRAC-Überwachungspunkte			
Zuluft (jeweils Durchschnitt von drei Überwachungspunkten)			
CRAC 1 _____	CRAC 6 _____	Zulässige Durchschnittswerte: Temp. 20 – 25 °C, Luftf. 40 – 55 % (RF)	Innerhalb Toleranz (eine Antwort)
CRAC 2 _____	CRAC 7 _____		Alle innerhalb Tol. <input type="checkbox"/>
CRAC 3 _____	CRAC 8 _____		1–2 außerhalb Tol. <input type="checkbox"/>
CRAC 4 _____	CRAC 9 _____		>2 außerhalb Tol. <input type="checkbox"/>
CRAC 5 _____	CRAC 10 _____		
Rückluft (jeweils Durchschnitt von drei Überwachungspunkten)			
CRAC 1 _____	CRAC 6 _____	Zulässige Durchschnittswerte: Temp. 14 – 18 °C	Innerhalb Toleranz (eine Antwort)
CRAC 2 _____	CRAC 7 _____		Alle innerhalb Tol. <input type="checkbox"/>
CRAC 3 _____	CRAC 8 _____		1–2 außerhalb Tol. <input type="checkbox"/>
CRAC 4 _____	CRAC 9 _____		>2 außerhalb Tol. <input type="checkbox"/>
CRAC 5 _____	CRAC 10 _____		

Erläuterung: im nachfolgenden Text werden folgende Abkürzungen verwendet:

CRAC = Computer Room Air Conditioner = Präzisionsklimaanlage

HVAC = Heating, Ventilation Air Conditioning = Heizung, Lüftung, Klimatisierung

©2004 American Power Conversion. Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Veröffentlichung darf ohne schriftliche Genehmigung des Copyright-Eigentümers verwendet, reproduziert, fotokopiert, übertragen oder in einem Datenverarbeitungssystem gespeichert werden. www.apc.com Rev 2004-1

Kühlkreisläufe			
Kühlwasser	7,2 °C (+/- 1,1 – 1,7 °C)	Innerhalb Toleranz (eine Antwort)	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Kondensatorwasser – wassergekühlt	Max. 32,2 °C		<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Kondensatorwasser – Glykol-gekühlt	Max. 43,3 °C		<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Luftgekühlt	Von qualifiziertem HVAC-Unternehmen überprüfen lassen		

Gangtemperaturen				
Messpunkte 1,5 m über dem Boden auf Höhe jedes vierten Racks (Durchschnitt pro Gang)				
Gang 1 _____	Gang 6 _____	Zulässige Durchschnittswerte: Temp. 20 – 25 °C	Innerhalb Toleranz (eine Antwort)	
Gang 2 _____	Gang 7 _____		Alle innerhalb Tol.	<input type="checkbox"/>
Gang 3 _____	Gang 8 _____		1–2 außerhalb Tol.	<input type="checkbox"/>
Gang 4 _____	Gang 9 _____		>2 außerhalb Tol.	<input type="checkbox"/>
Gang 5 _____	Gang 10 _____			

Racktemperaturen				
Messpunkte 1,5 m über dem Boden auf Höhe jedes vierten Racks (Durchschnitt pro Gang)				
R1 _____ R2 _____ R3 _____	R46 _____ R47 _____ R48 _____	Zulässige Durchschnittswerte: Temp. 20 – 25 °C, Zulässige Temperaturdifferenz innerhalb eines Racks maximal 5 °C.	Innerhalb Toleranz (eine Antwort)	
R4 _____ R5 _____ R6 _____	R49 _____ R50 _____ R51 _____		Alle innerhalb Toleranz	<input type="checkbox"/>
R7 _____ R8 _____ R9 _____	R52 _____ R53 _____ R54 _____		1–2 außerhalb Toleranz	<input type="checkbox"/>
R10 _____ R11 _____ R12 _____	R55 _____ R56 _____ R57 _____		>2 außerhalb Toleranz	<input type="checkbox"/>
R13 _____ R14 _____ R15 _____	R58 _____ R59 _____ R60 _____			
R16 _____ R17 _____ R18 _____	R61 _____ R62 _____ R63 _____			
R19 _____ R20 _____ R21 _____	R64 _____ R65 _____ R66 _____			
R22 _____ R23 _____ R24 _____	R67 _____ R68 _____ R69 _____			
R25 _____ R26 _____ R27 _____	R70 _____ R71 _____ R72 _____			
R28 _____ R29 _____ R30 _____	R73 _____ R74 _____ R75 _____			
R31 _____ R32 _____ R33 _____	R76 _____ R77 _____ R78 _____			
R34 _____ R35 _____ R36 _____	R79 _____ R80 _____ R81 _____			
R37 _____ R38 _____ R39 _____	R82 _____ R83 _____ R84 _____			
R40 _____ R41 _____ R42 _____	R85 _____ R86 _____ R87 _____			
R43 _____ R44 _____ R45 _____	R88 _____ R89 _____ R90 _____			

Luftgeschwindigkeit				
Alle perforierten Bodenplatten prüfen (sofern zutreffend), mit Toleranzen vergleichen				
Perforierte Bodenplatten	Luftstrommessung (positive Luftstromprüfung), Volumentests sollten von einem qualifizierten HVAC- Unternehmen durchgeführt werden.	Zulässige Durchschnittswerte: => 160 cfm/kW	Innerhalb Toleranz (eine Antwort)	
			Alle innerhalb Tol.	<input type="checkbox"/>
			1–2 außerhalb Tol.	<input type="checkbox"/>
			>2 außerhalb Tol.	<input type="checkbox"/>

Racküberprüfung			
Abschlussbleche	Wurden in den Racks überall dort, wo keine IT-Geräte installiert sind, Abschlussbleche montiert?	Innerhalb Toleranz (eine Antwort)	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein

Strömungsweg in Zwischenboden (sofern zutreffend)			
Sichtbare Hindernisse	Wurden in den Racks überall dort, wo keine IT-Geräte installiert sind, Abschlussbleche montiert?	Innerhalb Toleranz (eine Antwort)	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Fehlende Bodenplatten, Lücken und Öffnungen	Sind alle Bodenplatten vorhanden? Wurden Kabelöffnungen entsprechend abdichtet?	Innerhalb Toleranz (eine Antwort)	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein

Anordnung von Gängen und Bodenplatten			
Anordnung der perforierten Bodenplatten	Wurden in den Racks überall dort, wo keine IT-Geräte installiert sind, Abschlussbleche montiert?	Innerhalb Toleranz (eine Antwort)	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
CRAC-Anordnung	Stehen die CRACs an den Enden warmer Gänge?		<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Anordnung warmer und kühler Gänge	Sind warme und kühle Gänge voneinander getrennt (die Rackreihen zeigen in entgegengesetzte Richtung)?	Innerhalb Toleranz (eine Antwort)	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein

Erläuterung: im nachfolgenden Text werden folgende Abkürzungen verwendet:

CRAC = Computer Room Air Conditioner = Präzisionsklimaanlage

HVAC = Heating, Ventilation Air Conditioning = Heizung, Lüftung, Klimatisierung

©2004 American Power Conversion. Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Veröffentlichung darf ohne schriftliche Genehmigung des Copyright-Eigentümers verwendet, reproduziert, fotokopiert, übertragen oder in einem Datenverarbeitungssystem gespeichert werden. www.apc.com Rev 2004-1