

Vermeidbare Fehler, die die Kühlleistung in Datacentern und Serverräumen beeinträchtigen

Von Neil Rasmussen

White Paper Nr. 49

APC[®]
Legendary Reliability[®]

Zusammenfassung

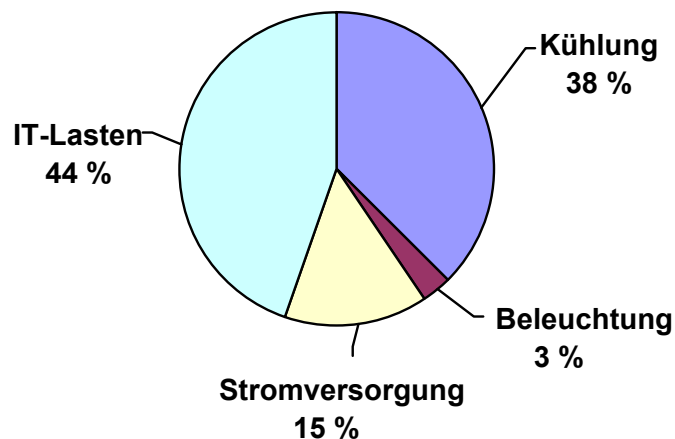
Vermeidbare Fehler, die häufig bei der Installation von Kühlsystemen und Racks in Datacentern oder Serverräumen gemacht werden, beeinträchtigen die Verfügbarkeit und steigern die Kosten. Diese unbeabsichtigten Fehler erzeugen Hotspots, senken die Fehlertoleranz, reduzieren die Effizienz und reduzieren die Kühlleistung. Obwohl häufig die Betreiber von Einrichtungen für Kühlprobleme verantwortlich gemacht werden, entstehen viele Probleme tatsächlich durch die falsche Installation von IT-Geräten, auf die sie keinen Einfluss haben. In diesem Dokument werden die typischen Fehler untersucht, ihre Grundlagen und Auswirkungen sowie einfache Gegenmaßnahmen erläutert.

Einführung

Die meisten Datacenter und Netzwerkräume weisen verschieden grundlegende Konstruktions- und Konfigurationsfehler auf, die verhindern, dass sie ihre potentielle Kühlleistung erbringen und in den erforderlichen Bereichen für ausreichende Belüftung sorgen. Diese Probleme werden meist nicht erkannt, da die Leistungsdichte in EDV-Räumen bisher in der Regel weit unter den Werten lag, für die diese Räume ausgelegt sind. Aufgrund der seit kurzem zu verzeichnenden Steigerungen der Leistungsdichte neuer IT-Geräte stoßen Datacenter jedoch an die Grenzen ihrer Kapazität, und es wird deutlich, dass viele von ihnen nicht in der Lage sind, die erwartete effektive Kühlleistung zu erbringen.

Neben der Reduzierung der Systemverfügbarkeit aufgrund von nicht voll leistungsfähigen Kühlsystemen entstehen dadurch auch erhebliche Kosten. Dieses Dokument beschreibt häufige Konstruktionsfehler, die den Wirkungsgrad des Kühlsystems um 20 % und mehr senken können. Getrennt durchgeführte Studien der Lawrence Berkeley National Laboratories und der APC Corp haben ergeben, dass sich die Leistungsaufnahme eines herkömmlichen Datacenters wie in Abbildung 1 verhält. Der Stromverbrauch des Kühlsystems beläuft sich dabei in etwa auf dem Niveau der gesamten IT-Last. Ein Kühlleistungsverlust von 20 % bedeutet eine Erhöhung der Gesamtleistungsaufnahme um 8 %, was sich bei einem 500-kW-Datacenter mit einer Lebensdauer von 10 Jahren auf ca. \$ 700.000 an Zusatzkosten für Stromverschwendung beläuft (Strompreis / kWh). *Diese enorme Verschwendung ist mit geringem oder ganz ohne Kostenaufwand vermeidbar.*

Abbildung 1: Verteilung der Leistungsaufnahme eines herkömmlichen Datacenters



Die kaum verbesserte Leistung der Kühlsysteme von Datacentern kann verschiedene Ursachen haben. Dazu zählen unter anderem die Konstruktion und Spezifikation der Kühlanlage an sich sowie die Art und Weise, wie die Belüftung der Last erfolgt. Dieses Dokument konzentriert sich aus den folgenden Gründen auf Kühlprobleme in Verbindung mit der kaum verbesserten Belüftung und auf Einstellungsprobleme, die aufgrund der Installation von IT-Geräten entstehen:

- Es gibt praktische, durchführbare und bewährte Lösungen.
- Viele der Maßnahmen können in bestehenden Datacentern implementiert werden.
- Erhebliche Verbesserungen sind mit geringem oder ganz ohne Aufwand möglich.
- Sowohl IT-Experten als auch das Datacenter Personal können zur Behebung der Fehler beitragen.
- Die Lösungen sind von der Einrichtung oder dem geografischen Standort unabhängig.
- Die Behebung kann durch einfach zu implementierende Maßnahmen erfolgen.

Die gängigen Fehler werden in diesem Dokument in die folgenden fünf Kategorien unterteilt, von denen jede einzeln behandelt wird:

- Luftstrom im Rack
- Rackanordnung
- Lastverteilung
- Kühleinstellungen
- Anordnung der Luftzufuhr und der Rückluftöffnungen

Zu jeder Kategorie erhalten Sie eine einfache Beschreibung der Ursache verschiedener Probleme und deren Auswirkung auf die Systemverfügbarkeit und die Betriebskosten. Diese Informationen sind in Tabellen zusammengefasst.

Schließlich werden verschiedene Maßnahmen beschrieben, die zu einer deutlichen Steigerung der Verfügbarkeit des Datacenters und zur Senkung der Betriebskosten beitragen können.

Grundlegende Luftstromanforderungen

Der Luftstrom in und um den 19" Schrank spielt eine wichtige Rolle bei der Kühlleistung. Um den Rackluftstrom zu verstehen, ist es wichtig zu wissen, dass IT-Geräte grundsätzlich zwei Dinge benötigen:

1. Das Vorhandensein entsprechend aufbereiteter Luft an den Lüftungsschlitzen des Geräts;
2. Den ungehinderten Luftstrom zum und vom Gerät.

In der Regel bestehen jedoch die folgenden beiden Hauptprobleme:

1. Die Kaltluft der Präzisionsklimaanlage vermischt sich mit der warmen Abluft, bevor sie zum Lufteinlass des Geräts gelangt.
2. Der Geräteluftstrom wird durch Gegenstände behindert.

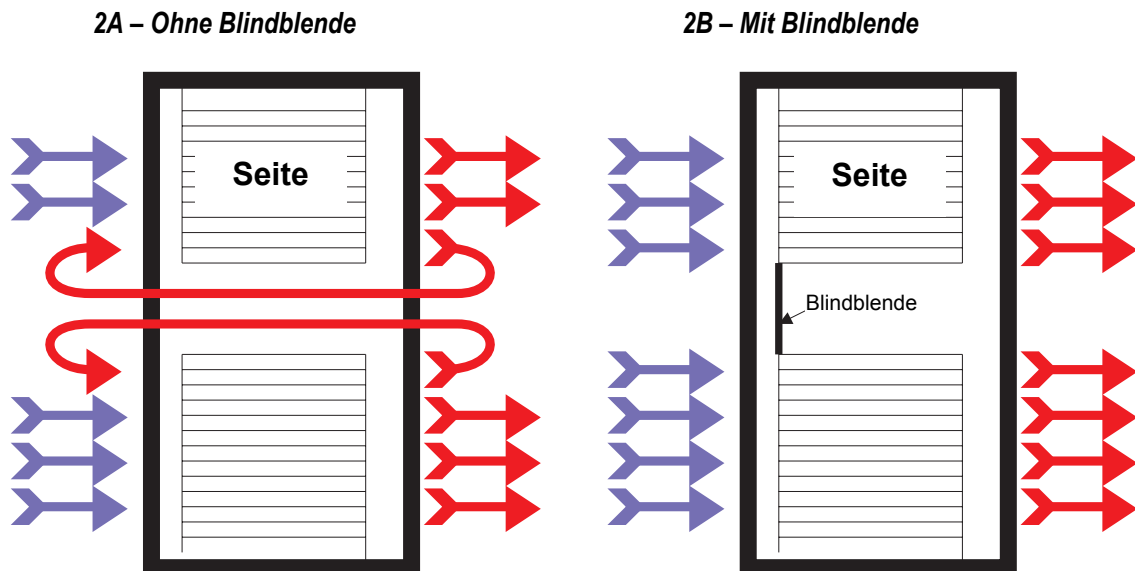
In den nächsten Abschnitten wird immer wieder deutlich, dass gut gemeinte und harmlos erscheinende Implementierungsentscheidungen tatsächlich zu den beiden oben genannten Problemen führen und die routinemäßig angewendeten Lösungen zur Behebung der Symptome die Verfügbarkeit deutlich verringern und gleichzeitig die Kosten erhöhen.

Luftstrom im Rackschrank

Obwohl das Rack häufig als mechanische Halteeinrichtung betrachtet wird, hat es dennoch eine äußerst wichtige Funktion, denn es verhindert, dass warme Abluft der Geräte über den Lufteinlass in die Geräte zurückströmt. Die Abluft wird geringfügig komprimiert, was in Verbindung mit der Saugwirkung am Lufteinlass des Geräts dazu führt, dass die Abluft durch den Lufteinlass wieder zurück in das Gerät gesaugt wird. **Die Auswirkung dieses Effekts ist erheblich größer als der Effekt des Auftriebs der warmen Abluft, von dem häufig angenommen wird, dass er dafür sorgt, dass die warme Abluft vom Gerät weg nach oben steigt.** Das Rack und dessen Blindblenden bilden eine mechanische Barriere, die den Weg des zirkulierenden Luftstroms deutlich verlängern und somit das Ansaugen warmer Abluft durch das Gerät reduzieren.

Blindblenden werden in mehr oder minder großem Umfang in 90 % der Datacenter weggelassen, obwohl alle großen Hersteller von IT-Geräten die Verwendung von Blindblenden (Blanking Panels) ausdrücklich empfehlen. Die daraus resultierenden Rezirkulationsprobleme können zu einem Temperaturanstieg von 8 °C in IT-Geräten führen. Eine detaillierte Beschreibung dieses Effekts zusammen mit Testdaten finden Sie im APC White Paper Nr. 44, „Verbesserung der Rackkühlleistung durch Verwenden von Blindblenden“. Blindblenden verändern den Rackluftstrom wie in Abbildung 2 dargestellt. Der Einbau ist einfach und mit äußerst geringen Kosten in fast jedem Datacenter durchführbar.

Abbildung 2 – Rezirkulation durch fehlende Blindblende



Viele Rackkonfigurationen weisen andere Fehler auf, die denselben Effekt wie fehlende Blindblenden haben. Breite Racks mit Einbauschielen lassen die Luftzirkulation seitlich um die Rackschienen zu. Die Verwendung von Regalböden für die Montage von IT-Geräten verhindert den Einsatz von Blindblenden und bietet weit geöffnete Passagen für die Rezirkulation von Abluft. Einige 19-Zoll-Standardracks verfügen von Haus aus über integrierte Rezirkulationswege um die Schienen und im oberen und unteren Bereich des Gehäuses. In diesen Fällen kann der Einbau von Blindblenden die Rezirkulation nicht vollständig regeln. Viele Racks wurden nicht für den effektiven Einsatz in IT-Umgebungen mit hoher Packdichte konstruiert. Die generelle Verwendung geeigneter Racks und der Einsatz von Blindblenden kann die Rezirkulation erheblich verringern und Hotspots reduzieren.

Die Vorteile einer Senkung der Temperatur an Hitzepunkten durch die Verwendung von Blindblenden und geeigneter Racks liegen auf der Hand und bieten deutliche Vorteile hinsichtlich der Systemverfügbarkeit. Sie profitieren jedoch noch von weiteren, weniger offensichtlichen, aber äußerst effektiven Vorteilen, die einer Erläuterung bedürfen.

Rezirkulation beeinträchtigt die Fehlertoleranz

Racksysteme mit einer starken Rezirkulation haben im Vergleich zu ordnungsgemäß installierten Systemen eine niedrigere Fehlertoleranz und sind wartungsintensiver. Bei den meisten Installationen erfolgt die Kühlung durch eine Reihe von Präzisionsklima-Einheiten, die für die allgemeine Belüftung zuständig sind. In einer solchen Anordnung kann die Kühlung der Geräte häufig auch beim Ausfall eines Präzisionsklima-Systems in Folge eines Fehlers oder von Wartungsarbeiten aufrecht erhalten werden, da die restlichen Präzisionsklima-Einheiten in der Lage sind, die erforderliche Last zu übernehmen. Die Rezirkulation beeinträchtigt diese Fehlertoleranzfähigkeit auf folgende Weise:

- Eine niedrigere Temperatur der Präzisionsklimaanlagen-Rückluft aufgrund von Rezirkulation kann dazu führen, dass die restlichen Präzisionsklima-Einheiten mit geringerer Kapazität arbeiten und das System die Kühlanforderungen nicht erfüllen kann.
- Höhere Zuluftgeschwindigkeiten, die erforderlich sind, um Rezirkulationseffekte auszuschalten, können von den restlichen Systemen nicht aufrecht erhalten werden, was zu einer vermehrten Rezirkulation und einer Überhitzung der Lasten führt.

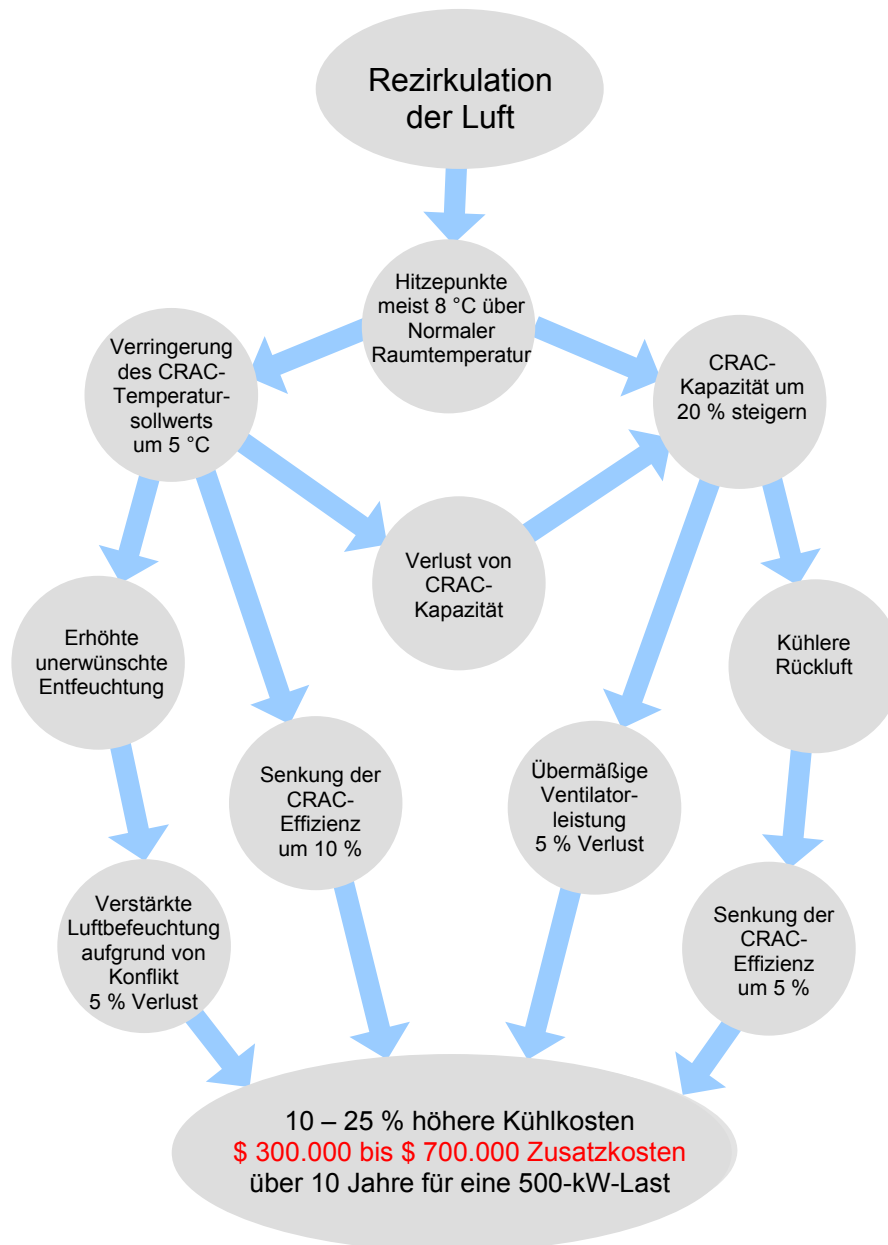
Rezirkulation erhöht die Betriebskosten

Das Problem der Verfügbarkeit durch Überhitzung und reduzierte Fehlertoleranzen sind bereits Grund genug, den Einsatz geeigneter Racks und Blindblenden zu rechtfertigen. Die Auswirkungen der Rezirkulation auf die Betriebskosten sind jedoch so dramatisch, dass sie den Einsatz unabdingbar machen.

Die höchsten Betriebskosten hinsichtlich der Kühlung sind die Stromkosten für den Betrieb von Kühlgeräten und Ventilatoren. Die von einem Datacenter benötigte Strommenge zur Kühlung wird durch Rezirkulation nicht direkt beeinflusst. Auf den Wirkungsgrad des Kühlsystems wirkt sie sich jedoch extrem negativ aus. Dies bedeutet, dass die Rezirkulation die Stromkosten erhöht. Diese Kosten summieren sich darüber hinaus wie in Abbildung 3 dargestellt.

Abbildung 3 zeigt die Folgen, die in der Regel durch den Versuch entstehen, das primäre Symptom der Rezirkulation, nämlich die Hitzepunkte, zu bekämpfen. Die beiden häufigsten Gegenmaßnahmen bei Hitzepunkten sind die Herabsetzung der Präzisionsklimaanlagen-Versorgungstemperatur oder die Erhöhung der Präzisionsklimaanlagen-Kapazität oder eine Kombination aus beidem. Diese Maßnahmen führen wie in der Abbildung dargestellt zu unvorhergesehen hohen Folgekosten. Die Reduzierung der Rezirkulation durch die in diesem Dokument beschriebenen Konstruktionen und Maßnahmen ist mit äußerst geringem Kostenaufwand möglich und vermeidet die dargestellten Folgen.

Abbildung 3 – Finanzielle Folgen der Rezirkulation



Eine Einschränkung des Luftstroms führt zu einer mangelhaften Belüftung des Geräts und damit zu Überhitzung. Darüber hinaus fördert eine eingeschränkte Luftzuführung auf der Vorder- oder Rückseite des Racks die Rezirkulation durch Racköffnungen ohne Abschlussbleche. Aus diesem Grund ist es wichtig, Racks mit einer äußerst hohen Türbelüftung zu verwenden, die zudem ausreichend Raum im hinteren Bereich des Racks lassen, um zu verhindern, dass Kabelbündel den Luftstrom behindern. Vereinzelt werden schmale Racks verwendet, um den Stellplatz besser zu nutzen, was im Endeffekt jedoch nicht möglich ist, da die Kabel den Luftstrom behindern und infolge dessen die Temperatur im Rack über den Sollwert ansteigt.

Tabelle 1 – Zusammenfassung der Rackkonstruktionsfehler hinsichtlich des Luftstroms und deren Folgen

Konstruktionsfehler	Auswirkungen auf die Verfügbarkeit	Auswirkungen auf die Betriebskosten	Lösung
Keine Blindblenden Geräte auf Regalböden	Hitzepunkte speziell oben in Racks	Stromkosten Reduzierte CRAC-Kapazität	Blindblenden verwenden Regalböden entfernen
Verwendung von 23-Zoll-Racks (breiten Netzwerkschränken) ohne Schienenabdeckungen	Verlust der Kühlsystemredundanz	Luftbefeuchterwartung Wasserverbrauch	Racks ohne offene Bereiche außerhalb der Schienen verwenden Abdeckungen außen an den Schienen breiter Racks anbringen
Nicht abgedeckte Kabelöffnungen unter dem Rack	Hitzepunkte speziell oben in Racks Verlust des statischen Drucks in Doppelböden Verlust der Kühlsystemredundanz	Reduzierte CRAC-Effizienz	Abdeckungen oder Dichtungen für Kabelöffnungen unter dem Rack verwenden
Glastüren Türen mit mangelhafter Belüftung	Überhitzung Verstärkung von Problemen bezüglich Blindblenden	Höherer Platzbedarf durch geringere Rackausnutzung	Ausreichend belüftete Türen auf Vorder- und Rückseite verwenden
Verwendung von Dachlüftern	Kaum Vorteile Die Investition hätte für nützlichere Zwecke verwendet werden können	Vergeudetes Kapital Vergeudete Elektrizität	Dachlüfter weglassen
Schmale Racks	Überhitzung durch den Luftstrom behindernde Kabel	Höherer Platzbedarf durch geringere Rackausnutzung	Racks mit ausreichend Raum für den ungehinderten Luftstrom um Kabel verwenden

Zusätzlich zu den oben beschriebenen passiven Mitteln zur Steuerung des Luftstroms kann die Belüftung von Racks mit Rack-basierten Ventilatorsystemen erfolgen. Einige Ventilatorsysteme, wie Dachlüfter bieten nur geringfügige Vorteile. Andere Ventilatorsysteme wie beispielsweise solche, bei denen die Luft über Doppelböden zur Vorderseite der Racks geleitet oder Abluft auf der Rückseite des Racks abgesaugt wird, können den Rackluftstrom deutlich verbessern, Rezirkulationseffekte reduzieren und die Leistungsfähigkeit des Racks erhöhen. Ausführliche Informationen zu diesen Systemen finden Sie im APC White Paper Nr. 46, „Stromversorgung und Kühlung von extrem dichtgepackten Racks und Blade Server Racks“. Generell sollten Racks verwendet werden, die eine spätere Aufrüstung mit zusätzlichen effektiven Ventilatoreinheiten für zukünftige hohe Packdichten ermöglichen.

Rackanordnung

Die richtige Steuerung des Rackluftstroms, die im vorhergehenden Abschnitt behandelt wurde, spielt eine wesentliche Rolle in der effektiven Kühlung, reicht alleine jedoch noch nicht aus. Die richtige Anordnung der Racks in einem Raum ist ebenfalls ein wichtiger Faktor um sicherzustellen, dass die Racks mit entsprechend temperierter Luft in ausreichendem Umfang belüftet werden. Ausschlaggebend ist dabei der kalte Luftstrom zum Rack.

Das Ziel der richtigen Rackanordnung ist auch hier die Reduzierung der Rezirkulation, d. h. kalte Zuluft der Präzisionsklimaanlage darf sich nicht mit warmer Abluft mischen, bevor sie zum Lufteinlass der Geräte gelangt. Das Konstruktionsprinzip bleibt gleich: die warme Abluft muss so gut wie möglich von der Zuluft des Geräts getrennt werden.

Die Lösung dieses Problems ist allgemein bekannt. Indem Sie Racks in Reihen aufstellen, die jeweils in die entgegengesetzte Richtung zeigen, können Sie die Rezirkulation drastisch senken. Das Prinzip dieser Lösung wird vom Uptime Institute in dessen White Paper „Aufstellung von kalten und warmen Gängen als zuverlässigere Kühlung für Serverfarmen“ beschrieben.

Trotz der klaren Vorteile der Nutzung des Prinzips warmer und kalter Gänge zeigen Untersuchungen, dass abwechselnd warme und kalte Gänge eine um 50-75 % zuverlässigere Kühlung für Serverfarmen ermöglichen als Datacenter und Netzwerkräume, deren Rackreihen alle in die gleiche Richtung zeigen. **Die gleiche Ausrichtung von Racks führt zu einer starken Rezirkulation, wodurch Überhitzungsprobleme sowie ein erheblicher Anstieg der Betriebskosten praktisch vorprogrammiert sind.** Die zusätzlichen Kosten sind je nach Installation unterschiedlich, was ebenfalls in Abbildung 3 dargestellt wird.

Die effektive Anwendung des Prinzips warmer und kalter Gänge erfordert mehr als nur das Aufstellen von Racks in entgegengesetzt ausgerichteten Reihen. Von den 75 % der Installationen, die diese Methode tatsächlich anwenden, sind mehr als 30 % die Luftverteilung und die Anordnung der Rücklaufsysteme mangelhaft. Dies wird später im Abschnitt „Anordnung der Zuluft- und Rückluftöffnungen“ behandelt.

An den Standorten, an denen alle Racks in derselben Richtung aufgestellt wurden und die nicht die Methode warmer und kalter Gänge verwenden, haben Untersuchungen von APC ergeben, dass im Großteil der Fälle das Management entsprechende Anweisungen aufgrund des optischen Erscheinungsbilds des Datacenters gegeben hatte. Die Untersuchungen haben zudem gezeigt, dass diese unprofessionellen Anweisungen nicht erteilt worden wären, wenn man sich der negativen Konsequenzen bewusst gewesen wäre.

In vielen Installationen, bei denen alle Racks in dieselbe Richtung aufgestellt sind, zeigen die in diesem Dokument beschriebenen Maßnahmen deutlich weniger Effekt. Wenn die Aufstellung der Racks in unterschiedlichen Richtungen nicht möglich ist, bietet der Einsatz einer zusätzlichen Belüftungseinheit für die betroffenen Racks eine effektive Möglichkeit, Hotspots in dieser Umgebung zu vermeiden.

Tabelle 2 – Zusammenfassung der Rackanordnungsfehler und deren Folgen

Konstruktionsfehler	Auswirkungen auf die Verfügbarkeit	Auswirkungen auf die Betriebskosten	Lösung
Alle Racks zeigen in dieselbe Richtung Keine warmen und kalten Gänge	Hotspots Verlust von Kühlsystemredundanz Verlust der Kühlkapazität Luftbefeuchterausfälle	Übermäßiger Stromverbrauch Wasserverbrauch Luftbefeuchterwartung	Racks in warmen und kalten Gängen anordnen
Nicht in Reihen	siehe oben	siehe oben	Racks in Reihen anordnen
In Reihen aber nicht dicht nebeneinander aufgestellt	siehe oben	siehe oben	Racks zusammenschieben Keine Zwischenräume zwischen den Racks lassen

Lastverteilung

Die Positionierung der Lasten kann speziell bei Hochleistungslasten die Fähigkeiten eines Datacenters überfordern. Eine Konzentration hochdichter Lasten tritt meist dann auf, wenn Hochleistungsserver in ein oder mehrere Racks gepackt werden. Diese Situation kann Hotspots im Datacenter verursachen und dazu führen, dass die Betreiber Maßnahmen wie beispielsweise das Senken des Sollwertes der Lufttemperatur oder das Hinzufügen weiterer CRAC-Einheiten ergreifen. Diese Maßnahmen haben die in Abbildung 3 zusammengefassten Folgen.

Aus diesem Grund hat das Verteilen der Lasten, sofern dies möglich ist, einen bedeutenden Vorteil. Glasfaser- und Ethernet-Verbindungen werden dabei in keinsten Weise beeinträchtigt. In der Regel sind es die IT-Experten, die Hochleistungsgeräte der Einfachheit halber vorzugsweise nebeneinander platzieren. Die deutlich höhere Verfügbarkeit und die Kosteneinsparungen sprechen jedoch für die verteilte Anordnung dieser Geräte.

Es gibt noch weitere Möglichkeiten für Hochleistungsracks, die negative Auswirkungen auf die Kühlung vermeiden können. Eine ausführlichere Erläuterung der Handhabung von Hochleistungsracks finden Sie im APC White Paper Nr. 46, „Stromversorgung und Kühlung extrem dichtgepackter Racks und Blade Server Racks“.

Tabelle 3 – Zusammenfassung der Konstruktionsfehler hinsichtlich der Lastverteilung und deren Folgen

Konstruktionsfehler	Auswirkungen auf die Verfügbarkeit	Auswirkungen auf die Betriebskosten	Lösung
Konzentrierte Lasten	Hotspots Verlust von Kühlsystemredundanz	Übermäßiger Stromverbrauch	Möglichst gleichmäßige Verteilung von Lasten

Kühleinstellungen

In den vorangegangenen Abschnitten wurden die negativen Folgen einer Senkung des Sollwertes der kalten Lufttemperatur der Klimaanlage beschrieben. Die optimale Kühlleistung wird mit der höchstzulässigen Temperatur der Klimaanlage-Ausgangsluft erzielt. Das Optimum der Klimaanlage-Ausgangstemperatur bei fehlender Rezirkulation liegt bei den für Computergeräten erwünschten 20–25°C. Diese Situation ist in der Praxis jedoch nicht realisierbar, sodass die Temperatur der Klimaanlage-Ausgangsluft normalerweise etwas unterhalb der Zulufttemperatur des Computers liegt. Bei Befolgung der Belüftungsanweisungen in diesem Dokument kann der Sollwert für die Klimaanlage-Temperatur jedoch maximiert werden. Für eine maximale Kapazität und eine optimale Leistung darf der Klimaanlage-Sollwert nicht unter dem Wert zur Aufrechterhaltung der gewünschten Zulufttemperaturen der IT-Geräte liegen.

Während der Sollwert für die Klimaanlage-Temperatur durch die Konstruktion des Luftverteilungssystems bestimmt wird, kann für die Luftfeuchtigkeit ein beliebiger Wert festgelegt werden. Das Einstellen einer höheren Luftfeuchtigkeit als notwendig hat erhebliche Nachteile. Zunächst wird auf dem kalten Wärmetauscher eine erhebliche Menge an Kondenswasser gebildet und die Präzisionsklima-Einheit entfeuchtet die Luft. Die Entfeuchtungsfunktion stellt eine enorme Belastung für die Kühlkapazität der Präzisionsklima-Einheit dar. Schlimmer noch, Luftbefeuchter müssen die ausgetrocknete Luft wieder befeuchten. Dies kann in einem normalen Datacenter jährlich zu Tausenden von Litern an zusätzlichem Wasserverbrauch führen. Hinzu kommt, dass Luftbefeuchter eine nicht unwesentliche Hitzequelle sind, die gekühlt werden muss und infolgedessen die Kühlkapazität der Präzisionsklima-Einheit weiter verringert.

Diese Situation wird bei einer starken Rezirkulation auf die Spitze getrieben, da die kühlere Präzisionsklima-Luft leichter kondensiert. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass die Luftfeuchtigkeit in einem Datacenter den Sollwert nicht übersteigt.

Einige Datacenter, einschließlich den meisten älteren Datacentern, beinhalteten Hochgeschwindigkeits-Papier- oder -Formulardrucker. Diese Drucker können eine hohe statische Ladung generieren. Zur Vermeidung von statischer Entladung wurde als Standard eine relative Luftfeuchtigkeit von ca. 50 % in Datacentern festgelegt. In Datacentern ohne große Hochgeschwindigkeits-Formulardrucker reicht jedoch eine relative Luftfeuchtigkeit von 35 % aus, um statische Ladungen zu vermeiden. Der Betrieb eines Datacenters mit einer relativen Luftfeuchtigkeit von 35 % anstatt 45 % oder 50 % kann speziell bei starker Rezirkulation große Mengen an Wasser und Energie sparen.

In Datacentern, in denen mehrere CRAC-Einheiten mit Luftbefeuchtern ausgestattet sind, kann ein weiteres Problem auftreten. Hierbei kommt es häufig vor, dass zwei CRAC-Einheiten permanent gegeneinander arbeiten, um die Luftfeuchtigkeit zu regeln. Dies kann passieren, wenn die Rückluft der beiden CRAC-Einheiten eine geringfügig unterschiedliche Temperatur hat, die beiden Feuchtigkeitssensoren unterschiedlich kalibriert wurden oder die Luftfeuchtigkeit der CRAC-Einheiten unterschiedlich eingestellt wurde. In diesen Fällen versucht jeweils eine CRAC-Einheit, die Luft zu entfeuchten, während die andere Einheit der Luft Feuchtigkeit zuführt. Dies ist ein extrem verschwenderischer Betriebsmodus, der jedoch nicht sofort offensichtlich ist.

Der Konflikt zwischen CRAC-Einheiten kann behoben werden durch A) eine zentrale Regelung der Luftfeuchtigkeit, B) eine zwischen den CRAC-Einheiten koordinierte Regelung der Luftfeuchtigkeit, C) das Ausschalten eines oder mehrerer Luftbefeuchter in den CRACs oder D) die Verwendung von Totzoneneinstellungen. Jede dieser Techniken hat ihre Vorteile, die jedoch in diesem Dokument nicht erörtert werden. Falls das Problem auftritt, ist die beste Maßnahme zur Behebung in herkömmlichen Systemen mit unabhängigen CRACs, sicherzustellen, dass die Systeme dieselben Einstellungen verwenden und richtig kalibriert sind, und anschließend die in den meisten CRAC-Einheiten verfügbare Totzoneneinstellung für die Luftfeuchtigkeit zu erweitern. In der Regel lässt sich das Problem durch eine Totzoneneinstellung von +/-5 % beheben.

Tabelle 4 – Zusammenfassung der Konstruktionsfehler hinsichtlich der Kühleinstellungen und deren Folgen

Konstruktionsfehler	Auswirkungen auf die Verfügbarkeit	Auswirkungen auf die Betriebskosten	Lösung
Luftfeuchtigkeit zu hoch	Hitzepunkte Verlust von Kühlsystemredundanz	Übermäßiger Stromverbrauch Wasserverbrauch Luftbefeuchterwartung	Luftfeuchtigkeit auf 35 bis 50 % einstellen
Konflikt zwischen mehreren CRAC-Einheiten bei der Regulierung der Luftfeuchtigkeit im selben Raum	Verlust von Kühlsystemredundanz Verlust der Kühlkapazität	Übermäßiger Stromverbrauch Wasserverbrauch Luftbefeuchterwartung	Identische Einstellungen in allen Einheiten Totzoneneinstellung für Sollwerte der Luftfeuchtigkeit auf 5 % einstellen Zentraler Luftbefeuchter verwenden Nicht benötigte Luftbefeuchter ausschalten

Anordnung der Zuluft- und Rückluftöffnungen

Der Rackluftstrom und die Rackanordnung sind Schlüsselemente bei der Steuerung der Luft für eine optimale Kühlleistung. Es ist jedoch noch eine letzte Maßnahme erforderlich, um Spitzenleistungen sicherzustellen, nämlich die Anordnung der Zuluft- und Rückluftöffnungen. Die falsche Platzierung dieser Öffnungen kann dazu führen, dass kalte Zuluft der Klimaanlage mit warmer Abluft vermischt wird, bevor sie das Lastgerät erreicht, was zu den bereits beschriebenen Folgen der Leistungseinbußen und zusätzlichen Kosten führt. Falsch platzierte Zufuhr- oder Rückluftöffnungen sind ein häufiges Problem, das so gut wie alle Vorteile einer Anordnung mit warmen und kalten Gängen zunichte machen kann.

Für eine optimale Luftzufuhr ist es wichtig, dass die Zuluftöffnungen so nah wie möglich an den Luftenlässen des Geräts platziert werden und die Kaltluft in den kalten Gängen gehalten wird. Für eine Verteilung über einen Doppelboden bedeutet dies, dass nur in den kalten Gängen perforierte Bodenplatten verlegt werden dürfen. Die Verteilung in einem Lüftungskanalsystem kann ebenso effektiv wie in einem Doppelboden sein, wobei jedoch wiederum wichtig ist, dass sich die Belüftungsöffnungen über den kalten Gängen befinden und die Luft senkrecht nach unten geleitet wird (ohne Verwendung einer seitlichen Verteilungsöffnung). Für Lüftungskanalsystem und Doppelböden gilt, dass die Belüftungsöffnungen von nicht betriebenen, nicht vorhandenen Geräten geschlossen werden sollten, um zu verhindern, dass über diese Öffnungen Kaltluft zur Präzisionsklima-Einheit gelangt, da auf diese Weise die Entfeuchtung verstärkt wird und sich die Leistung der Einheit reduziert.

Für eine optimale Belüftung ist es wichtig, dass die Rückluftöffnungen so nah wie möglich an den Luftauslässen der Geräte platziert werden und die warme Luft über die warmen Gänge ausgeleitet wird. In einigen Fällen wird zu diesem Zweck ein Abluftkanal verwendet, bei dem die Rückluftöffnungen einfach über den warmen Gängen ausgerichtet werden können. Bei Verwendung einer hohen, offenen Decke für große Rückluftmengen ist der beste Ansatz, die Rückleitungen der Präzisionsklima-Einheit so nah wie möglich an der Decke zu platzieren und die Rückführung möglichst mithilfe von Lüftungskanälen, die an den warmen Gängen ausgerichtet werden, zu erweitern. Selbst ein simples Rückleitungssystem mit nur wenigen Rückluftöffnungen, die grob an warmen Gängen ausgerichtet wurden, ist einer einzelnen Rückleitung für große Luftmengen seitlich im Raum vorzuziehen.

In kleineren Räumen ohne Doppelboden oder Lüftungskanälen werden Upflow- und Downflow-Präzisionsklima-Einheiten häufig an der Decke oder an einer Wand platziert. In diesen Fällen kann es schwierig sein, die Kaltluftzufuhr an kalten Gängen und Rückleitungen für die warme Abluft an warmen Gängen auszurichten. Die Leistung wird in diesen Fällen eingeschränkt. Sie lässt sich jedoch wie folgt steigern:

- Platzieren Sie bei Upflow-Einheiten die Präzisionsklima-Einheit am Ende eines warmen Gangs, und bringen Sie Lüftungskanäle an, um Kaltluft so weit wie möglich von der Präzisionsklima-Einheit entfernt zu kalten Gängen zu leiten.
- Platzieren Sie bei Downflow-Einheiten die Präzisionsklima-Einheit am Ende eines kalten Gangs, sodass Luft in diesen Gang über den Doppelboden und perforierte Lochplatten vorne an den Schränken hochgeblasen wird, und fügen Sie für die Rückleitung entweder ein Abluftkanalsystem oder aufgehängte Rückleitungskanäle hinzu, deren Rückluftöffnungen über den warmen Gängen platziert sind.

Eine Untersuchung schlecht platzierter Rückluftöffnungen deckt eine der grundlegenden Hauptursachen des Belüftungsproblems auf: Das Personal merkt, dass einige Gänge warm und einige kalt sind und denkt, dass dies ein unerwünschter Zustand sei. Um das „Problem“ zu beheben, werden Kaltluftöffnungen in warmen Gängen platziert und Rückleitungen mit warmer Luft in kalten Gängen. **Genau der Zustand, den ein optimal konstruiertes Datacenter**

zu erreichen versucht, nämlich die Trennung von Warm- und Kaltluft, wird vom Personal als Fehler betrachtet, das daraufhin Maßnahmen zum Mischen der Luft ergreift und damit die Leistung des Systems beeinträchtigt und die Betriebskosten erhöht. Es ist nicht klar, dass warme Gänge warm sein sollen.

Die Anordnung der Verteilungs- und Rückluftöffnungen lässt sich offensichtlich am einfachsten während der Konstruktion des Datacenters bestimmen. Es ist daher wichtig, dass vor der Konstruktion des Lüftungssystems eine Raumplanung mit der Anordnung, Ausrichtung und Positionierung der Reihen vorliegt.

Tabelle 5 – Zusammenfassung der Konstruktionsfehler hinsichtlich Luftzufuhr und Rückleitung und deren Folgen

Konstruktionsfehler	Auswirkungen auf die Verfügbarkeit	Auswirkungen auf die Betriebskosten	Lösung
Keine Warmluftrückleitungsöffnung über warmem Gang Lampe in Kanalabluftsystem mit integriertem Luftrücklauf über kaltem Gang angebracht	Hitzepunkte speziell oben in Racks Verlust von Kühlsystemredundanz	Stromkosten Reduzierte Präzisionsklimaanlagen-Kapazität Luftbefeuchterwartung Wasserverbrauch	Warmluftrückleitungsöffnungen über warmem Gang platzieren Lampen nicht im Bereich von integrierten Luftrückleitungen über kalten Gängen platzieren oder Rückluftöffnungen blockieren
Zuluftöffnungen über warmen Gängen Perforierte Bodenplatten in warmen Gängen	Hitzepunkte Verlust von Kühlsystemredundanz	Stromkosten Reduzierte Präzisionsklimaanlagen-Kapazität Luftbefeuchterwartung Wasserverbrauch	Bei Kanalabluftsystemen Zuluftöffnungen immer über kalten Gängen platzieren Bei Doppelböden Zuluftöffnungen immer in kalten Gängen platzieren
Belüftungsbodenplatten von Last entfernt positioniert Keine Belüftungsöffnungen über Lasten in Kanalabluftsystemen Peripherieöffnungen in Doppelböden für Leitungen, Drähte, Rohre	Geringfügige Auswirkung	Stromkosten Reduzierte Präzisionsklimaanlagen-Kapazität	Belüftungsöffnungen schließen, wenn keine Last vorhanden ist
Trotz hoher Decken niedrig angebrachte Rückluftöffnungen	Verlust von Präzisionsklimaanlagen-Kapazität Verlust von Kühlsystemredundanz	Stromkosten Reduzierte Präzisionsklimaanlagen-Kapazität Luftbefeuchterwartung Wasserverbrauch	Kanalabluftsystem für Rücklauf verwenden oder Kanal verlängern, um Rückluft möglichst nah an der Decke zu sammeln

Maßnahmen

Indem Sie den Richtlinien dieses Dokuments folgen, können Sie neue Datacenter mit einer deutlich höheren Verfügbarkeit, weniger Hitzequellen und geringeren Betriebskosten konstruieren. Ein Teil der beschriebenen Techniken kann in bestehende Datacenter implementiert werden, während dies bei anderen Techniken nicht möglich ist. Die beste Methode ist natürlich, die Probleme von Beginn an zu vermeiden. Untersuchungen von APC haben ergeben, dass der Großteil der Fehler bei Kühlsystemkonstruktionen unbewusst gemacht wurden und vermieden worden wären, wenn die Einrichtungen oder das IT-Personal gewusst hätten, wie sehr sich die richtige Belüftung auf

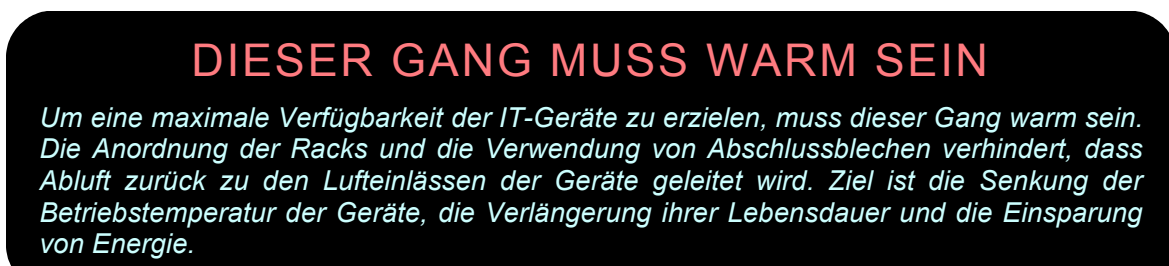
die Leistung, Verfügbarkeit und Kosten des Datacenters auswirkt. Eine Möglichkeit, den betroffenen Parteien die Schlüsselfaktoren zu vermitteln, ist durch die Ergreifung von Maßnahmen.

Tabelle 6 – Vorschläge für Maßnahmen im Datacenter

Maßnahme	Erläuterung
Racks in warmen und kalten Gängen anordnen	Die Trennung von Warm- und Kaltluft reduziert Hotspots, erhöht die Fehlertoleranz und führt zu einer deutlichen Senkung des Stromverbrauchs. Es ist eine allgemein bekannte Tatsache, dass die Ausrichtung aller Reihen in einer Richtung dazu führt, dass jeder Reihe die warme Abluft der davor stehenden Reihe zugeführt wird, was zu Überhitzung und einem deutlichen Leistungsabfall des Kühlsystems führt.
Blindblenden an unbelegten Positionen in allen Racks verwenden	Blindblenden verhindern, dass warme Abluft über den Lufteinlass in das Gerät zurückströmt. Auf diese Weise werden Hotspots vermieden und die Lebensdauer des Geräts erhöht. Führende Server- und Speicherhersteller empfehlen ausdrücklich die Verwendung von Blindblenden.
Dichtungen oder Abdeckungen für alle Kabelöffnungen in Doppelböden unter den Racks verwenden	Der Zweck eines Belüftungssystems in einem Doppelboden ist die Zufuhr von Kaltluft zu den Lufteinlässen von Geräten. Diese Einlässe befinden sich auf der Vorderseite der Racks. Über Öffnungen unter den Racks strömt Kaltluft an den Geräten vorbei zu deren Luftausgängen, wodurch die Leistung des Kühlsystems sinkt.
Warme Gänge nicht kühlen. Sie sollen warm sein.	Der Zweck der warmen Gänge ist, die warme Abluft von der Kaltluft am Geräteeinlass zu trennen. Das Kühlen dieser Gänge würde den Sinn dieser Konstruktion zunichte machen, die Zuverlässigkeit der Geräte senken und die Betriebskosten erhöhen. Die Abluft der Geräte ist normalerweise warm, und der warme Gang dient dazu, diese Warmluft zum Kühlsystem zurückzuleiten. Die höhere Temperatur des warmen Gangs hilft sicherzustellen, dass die Geräteeinlässe im kalten Gang mit Kaltluft versorgt werden.
Genormte Racks verwenden	Racks haben eine wichtige Funktion im Kühlsystem und dienen nicht nur als mechanische Unterstützung. Rackfunktionen, die verhindern, dass Abluft zu den Geräteeinlässen gelangt, sorgen für eine ordnungsgemäße Belüftung, bieten Platz für Kabel, ohne den Luftstrom zu behindern und lassen den nachträglichen Einbau zusätzlicher hochdichter Kühlgeräte zu.
Hochdichte Lasten verteilen	Die Konzentration hochdichter Lasten beeinträchtigt den Betrieb dieser Lasten und erhöht in der Regel die Betriebskosten des Datacenters. Auch die Fehlertoleranz des Belüftungssystems wird dabei meist herabgesetzt. Die gesamten Temperatur- und Luftfeuchtigkeitseinstellungen des Datacenters müssen eventuell so geändert werden, was die Kühlkapazität beeinträchtigt und die Kühlkosten erhöht.

Die Festlegung von Maßnahmen kann zu konstruktiven Diskussionen führen. Darüber hinaus lässt sich die Kommunikation durch Beschilderungen oder Beschriftungen erleichtern. Ein Beispiel für ein Schild auf der Rückseite von Racks in warmen Gängen ist in Abbildung 4 dargestellt. Personal, wie etwa IT-Experten, sehen warme Gänge häufig als Problem oder als Defekt. Dieser Hinweis hilft ihnen zu verstehen, warum ein Bereich des Datacenters wärmer ist als der andere.

Abbildung 4 – Schild mit Hinweis bezüglich des Zwecks des warmen Ganges



Schlussfolgerungen

Das Luftverteilungssystem ist ein Bestandteil des Datacenters, über den Betreiber von Einrichtungen und IT-Personal häufig zu wenig wissen und demzufolge Maßnahmen hinsichtlich der Belüftung ergreifen, die unbeabsichtigte und negative Auswirkungen auf die Verfügbarkeit und die Betriebskosten haben.

Fehlerhafte Luftstromimplementierungen stellten in der Vergangenheit aufgrund der geringeren Leistungsdichte in Datacentern kein wesentliches Problem dar. Die seit einiger Zeit zu verzeichnenden Steigerungen der Leistungsdichte bringen Kühlsysteme jedoch immer mehr an die Grenzen ihrer Kapazität und führen zu Hitzepecken und unerwarteten Begrenzungen der Kühlkapazität.

Entscheidungen wie die Ausrichtung aller Racks in der gleichen Richtung werden häufig aus optischen Gründen getroffen. Mit zunehmendem Verständnis der Benutzer und Kunden werden diese jedoch erkennen, dass ein falsch implementierter Luftstrom den gegenteiligen Effekt des ursprünglichen Ziels hat.

Die Durchführung mehrerer einfacher Maßnahmen in Verbindung mit einer simplen Erklärung kann die Zusammenarbeit von IT-Fachkräften und dem Datacenter Personal verbessern und zu maximaler Verfügbarkeit und optimalen Betriebskosten führen.

Der Autor:

Neil Rasmussen ist einer der Gründer und der Chief Technical Officer der American Power Conversion (APC). Bei APC ist Rasmussen für die Verwaltung des weltweit größten R&D-Budgets für die Stromversorgungs-, Kühl- und Rackinfrastruktur kritischer Netzwerke in den Hauptzentren für Produktentwicklung in Massachusetts, Missouri und Rhode Island (USA) sowie in Dänemark, Irland und Taiwan verantwortlich. Derzeit leitet er die APC-Entwicklung modularer, skalierbarer Datacenterlösungen.

Vor der Gründung von APC im Jahre 1981 erhielt Rasmussen sein Bachelors und Masters Degree in Elektrotechnik des MIT (Massachusetts Institute of Technology). Das Thema seiner Dissertation war die Analyse einer 200-MW-Stromversorgung für einen Tokamak-Fusionsreaktor. 1979-1981 arbeitete er bei den MIT Lincoln Laboratories an Schwungrad-Energiespeichern und Solaranlagen.