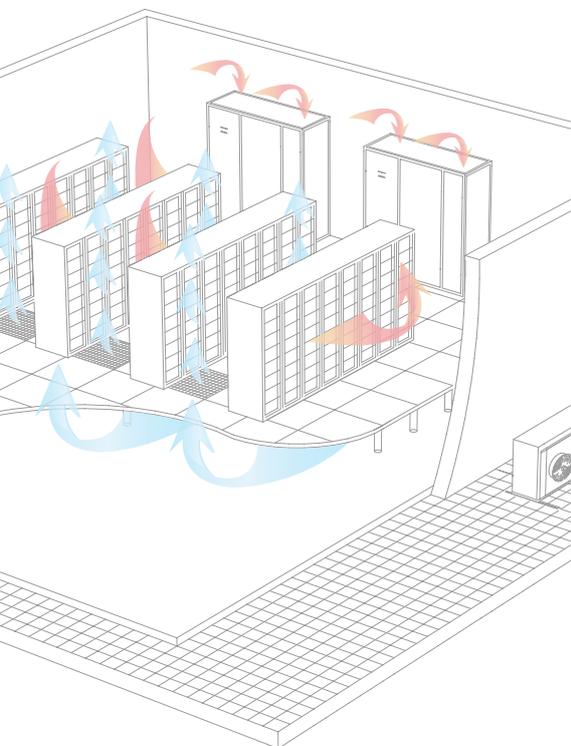


TECHNICAL FOCUS

PRÄZISIONSKLIMAGERÄTE DIE LÖSUNG AERMEC FÜR DATENCENTER



DIE TECHNOLOGIE AERMEC ANGEWENDET AUF DATENCENTER

Dieses Dokument bietet eine Panoramik der Lösungsvorschläge von Aermec für die Klimatisierung von Serverräumen. Die Kühlung der Server stellt einen wichtigen Teil des Gesamtverbrauches eines CEDs dar, aber die aktuellen Systeme sind aufgrund der falschen Dimensionierung der Anlage häufig nicht ausreichend. Die Klimaanlage richtig auszulegen und zu steuern kann daher große Ersparnisse der Energiekosten bedeuten.

INHALT

Einführung	3
Kapitel 1 Charakteristiken der Datacenter	4
Kapitel 2 Präzisionsklimageräte	5
Kapitel 3 Lösungen für Anlagen	7
Kapitel 4 Aermec für die Datacenter	11
Kapitel 5 Fallstudien	12



Die Reihe "Technical Focus" hat das Ziel eine Vereinfachung anzubieten, als Beispiel für die möglichen Vorteile beim Einsatz der modernen Lösungsvorschläge von Aermec.

Die Daten und Ergebnisse stehen in den Veröffentlichungen bezüglich der Gebäude und für Spezialanwendungen zur Verfügung, diese können sich entsprechend der Anwendungsform und des bestimmten Gebrauches ändern. Aus diesem Grund können die in diesem Dokument durch geführten Berechnungen und Betrachtungen in keiner Weise die genaue Planung des thermo-technischen Fachmannes ersetzen.

Aermec behält sich das Recht vor, jederzeit Veränderungen durchzuführen, die zur Verbesserung des Produkts erforderlich sind und auch eventuell die entsprechenden technischen Daten zu ändern.

© 2013 Aermec, All right reserved.

DATENCENTER: TERMINOLOGIE

RACK

Struktur aus Regalen für die Hardwarekomponenten (Server, Switch und Router).

CRAC

(Computer Room Air Conditioning)

Modulare Einheit für die Kontrolle der Raumklimatisierung, speziell geplant um die Lufttemperatur und die Luftfeuchtigkeit in Räumen konstant zu halten, in denen normalerweise Geräte für die Datenverarbeitung untergebracht sind.

IT

Information Technology Set der Systeme und Geräte für die Datenverarbeitung und die Kommunikation.

Datencenter oder CED

Gebäude, dessen Hauptfunktion die Unterbringung von Servern, mit leistungsstarken und empfindlichen elektronischen Geräten, ist.

Server

Komponente oder EDV-Subsystem zur Datenverarbeitung Liefert auf der logischen und auf der physikalischen Ebene einen Service an andere Komponenten, die Anfragen über das Netz stellen.

PAC

(Precision Air Conditioning) Anlage der Präzisionsklimatisierung.

EINFÜHRUNG

Datenverarbeitungszentren und technische Räume im Allgemeinen stellen kritische Anwendungen dar, da sie absolute Zuverlässigkeit, Leistungsfähigkeit und Sicherheit erfordern.

Heraus stechende Eigenschaften der Datencenter sind hauptsächlich der hohe Energieverbrauch, zusammen mit hoher Leistungsdichte von installierter Wärmekraft (die Leistungsdichte der Datencenter kann ausgedrückt werden in Flächeneinheiten des Fußbodens oder in Rack-Einheiten).

Andere Eigenschaften sind, dass der kontinuierliche Betrieb für das ganze Jahr ohne Unterbrechung gewährleistet sein muss.

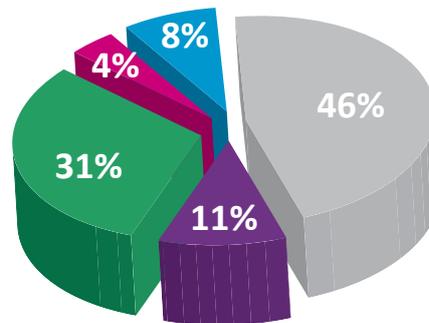
IST die Energieeffizienz der Maschinen und Anlagen, auf die sich hauptsächlich die Nachfragen der Kunden und Planer beziehen, und auf die Aermec mit neuen und modernen Lösungen antworten möchte.



Kapitel 1 CHARAKTERISTIKEN DER DATENCENTER

Die Datacenter stellen eine Typologie mit hoher Energiedichte dar: ein Datacenter verbraucht durchschnittlich 10-15 mal mehr Energie als ein normales Bürogebäude, wobei manchmal das 40 fache erreicht wird. Außerdem stellt der Bereich "Information und Kommunikations-Technologie (ICT)" einen der Hauptgründe für die Erhöhung des Energieverbrauches in Europa dar. Die Dichte der Server ist tatsächlich in kontinuierlichem Zuwachs und die Nachfrage nach Energie für Klimaanlage zu diesem Zweck steigt stark an. Zur Kühlung nur eines Servers wird ein beträchtlicher Teil des gesamten Energieverbrauches des Datacenters benötigt, daher kann die korrekte Dimensionierung und der Betrieb der Anlage zu einer erheblichen Energieersparnis führen.

- Server
- Andere
- Klimatisierung (HVAC)
- Beleuchtung
- UPS



Verteilung des Energieverbrauches in einem Datacenter

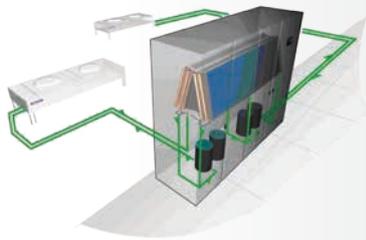
PUE
Power Usage Effectiveness

$$PUE = \frac{\text{Gesamtleistung Datacenter}}{\text{Leistung der IT Ausrüstungen}}$$

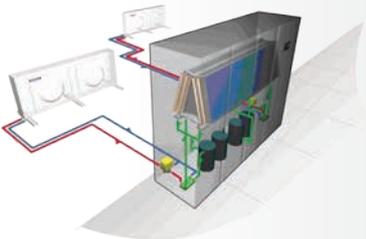
Entsprechend gibt es Parameter, die die Effizienz der Chiller oder der Wärmepumpen festsetzen, d.h. EER oder COP; auch für Serverräume wird eine Größe festgesetzt, die die Energieeffizienz definiert. Dieser Parameter ist der PUE, definiert als Verhältnis zwischen Gesamtstromverbrauch des Datacenters und Energie, die für die Informatikausrüstungen benötigt wird. Je näher dieser Wert an dem der Einheit liegt, um so effizienter arbeitet das Datacenter. Heute hat ein Großteil der Datacenter einen Wert um 2, es ist daher offensichtlich, dass sich hier bedeutende Verbesserungsmöglichkeiten bieten, mit einem wichtigen Beitrag, der sich aus dem Einsatz der Kühlsysteme ergeben kann.

Das ständig steigende Interesse an Kühlsystemen für Server, zeigt deutlich die Ineffizienz der herkömmlichen Kühlungen dieser Server, die bei Verbesserung einen großen Beitrag zur Energieersparnis bieten (gleich nach der Lastverringierung der IT Ausrüstungen).

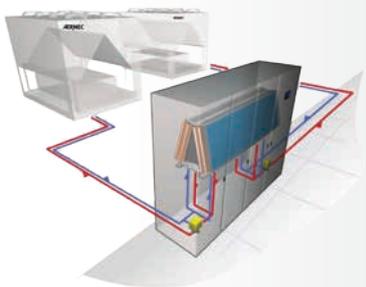
Kapitel 2 PRÄZISIONSKLIMAGERÄTE



Konfiguration mit Direktexpansionsverdampfung, luftgekühlt mit doppeltem Kühlkreis.



Konfiguration mit Direktexpansionsverdampfung, Wasser gekühlt mit doppeltem Kühlkreis.



Konfiguration mit Kühlwasser.

Die Serverräume müssen klimatisiert sein mit entsprechenden "Präzisionsklimageräten", häufig bezeichnet mit den Akronymen:

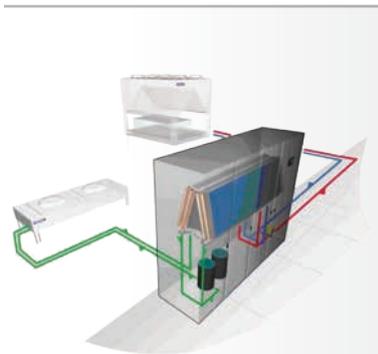
- CRAC (Computer Room Air Conditioning)
- PAC (Precision Air Conditioning)

Diese Systeme unterscheiden sich von den herkömmlichen für den Wohnbereich durch die strenge Kontrolle der Temperaturbedingungen und der Feuchtigkeit, um die korrekte Arbeitsweise der Server zu garantieren.

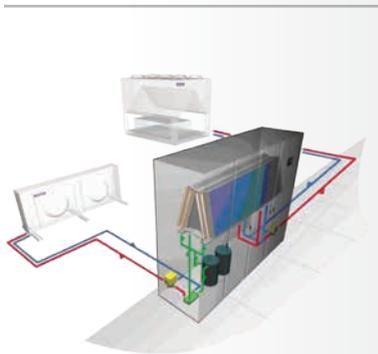
Die am Meisten verwendeten Systeme der Klimatisierung sind luftgekühlt. Die Luft kann den elektronischen Geräten auf unterschiedliche Weise zugeführt werden: durch Gittern im Doppelboden, von oben oder über lokale Systeme zwischen den Racks.

Die Präzisionsklimageräte können sein:

- **Mit Direktexpansion:** diese haben intern eine oder mehrere Kreisläufe mit Direktverdampfung, mit Wasser- oder mit Luftkühlung. Ein grundlegender Aspekt der Direktexpansionskühlregister ist sie zu Dimensionieren für die Behandlung von sensiblen Lasten. Die Einheiten mit Kondenswasser werden an die extern installierten Flüssigkeitskühler angeschlossen, in denen die Glykollösung zirkuliert. Das Wasserkondensgerät bietet die Möglichkeit das Free-Cooling zu nutzen: je nach Temperatur, die die Glykollösung im Flüssigkeitskühler erreicht, kann diese die Kondensflüssigkeit kühlen, oder direkt das Wasserkühlregister speichern, das sich im Inneren der Maschine befindet, dies als Alternative zur Direktexpansion.
- **Mit Kühlwasser:** in diesem Fall ist die Maschine nicht mit einem Kühlkreislauf ausgerüstet, sondern hat intern eine oder mehrere Kühlregister, die mit Kühlwasser versorgt werden, das von einem externen Chiller produziert wird.



Konfiguration "Dual-Cool":
Direktkondens expansion mit Luft
und Wasserkühlung.



Konfiguration "Dual-Cool":
Direktkondens expansion mit Was-
ser und Wasserkühlung.



Konfiguration mit Direktexpansi-
onsverdampfung, Wasser gekühlt
mit Free-Cooling Option.

Die Geräte für die Datencenter müssen mit allen erforderlichen Komponenten ausgerüstet sein, um eine vollständige Temperatur- und Feuchtigkeitsbehandlung der Luft zu garantieren, entsprechend den Erfordernissen, die sich je nach Installation unterscheiden: zusätzlich zu der Kühlung des Raumes, kann eine Nachkühlung erforderlich sein (mit elektrischem Kühlregister, mit Wasserregister oder bei Geräten mit Direktexpansion mit Warmgaskühlung), die Befeuchtung (typisch mit Eintauchelektroden) und höhere oder niedrigere Effizienzgrade der Luftfilterung.

Es handelt sich hier unter bestimmten Aspekten, um eine tatsächliche spezifische Luftbehandlung für Räume mit hoher Lastdichte und mit Temperaturfaktoren nahe eins.

In den Datenzentren ist es erforderlich eine ausreichende Redundanz zu garantieren, um zu vermeiden den normalen Betrieb der Serverräume einzuschränken, falls ein Kühlelement ausfallen sollte. Die Redundanz kann erreicht werden, indem man die Ablage mit mehreren unabhängigen Kühlkreisen ausstattet, wobei einer dem anderen als Reserve dient. Bei sehr großen Anlagen kann man mehrere Geräte als erforderlich installieren, um einige davor als Reserve zu nutzen.

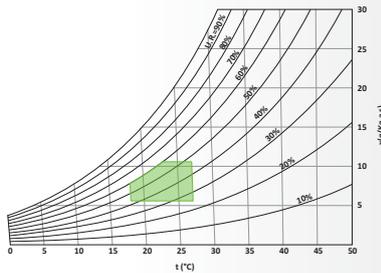
Eine andere Lösung kann die sein, sogenannte "Dual-Cool" Geräte einzusetzen, d.h. mit Doppel-Kühlkreislauf und Doppel-Kühlmittel. In diesem Fall ist die Anlage mit zwei getrennten Kühlkreisen ausgestattet, einer mit Direktexpansion und der andere mit Kühlwasser, damit falls der Chiller, der das Kühlwasserregister versorgt, nicht funktionieren sollte, der interne Kühlkreis eingreift um immer die ausreichende Kühlung zu garantieren.

Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen im Datacenter

Die Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen eines Datacenters sind in diesem Dokument festgesetzt mit ASHRAE "Thermal Guidelines for Data Processing Environments" von 2011.

In diesem Dokument werden folgende Bedingungen als "empfehlenswert" betrachtet:

- Temperatur zwischen 18°C und 27°C
- Spezifischer Feuchtigkeitsgehalt zwischen 5,6 und 10,6 g/kg, mit einer Höchstgrenze der relativen Luftfeuchtigkeit von 60%.



Der Feuchtigkeitsgehalt in den Serverräumen ist sehr wichtig. Werte von zu hohem Feuchtigkeitsgehalt können Fehlverhalten der Bandmedien, hohe Abnutzung und Korrosion verursachen. Diese Risiken erhöhen sich exponentiell, wenn die relative Luftfeuchtigkeit über 55% ansteigt. Auf der anderen Seite, erhöht eine zu niedrige relative Luftfeuchtigkeit (unter 30%) das Risiko von elektrostatischen Ladungen, die die Komponenten beschädigen und negative Einflüsse auf den Betrieb der Anlage haben können.

Kapitel 3 SYSTEMLÖSUNGEN

Die Verbesserung der Effizienz der Klimaanlage ist eine der wichtigsten Vorkehrungen zur deutlichen Verringerung des Energieverbrauches der Datacenter. Diesbezüglich ist die Strategie zur Verbesserung der Effizienz der Klimaanlage die Optimierung der Luftzirkulation. Es bieten sich verschiedene Lösungen an, die verbreitetste ist die, die Räume in Warmgang (Hot Aisle) und Kaltgang zu unterteilen. Diese Lösung nutzt die Baueigenschaften der Server, die auf der Vorderseite Kaltluft ansaugen und Warmluft auf der Rückseite abgeben. Entsprechend, wenn sie einer hinter dem anderen in der Reihe aufgestellt werden, bilden sich Kaltgänge aus denen die Server Luft ansaugen, und Warmgänge, in die sie die Warmluft abgeben. Gegenüber der herkömmlichen Weise, wobei versucht wird die Raumbedingungen konstant zu halten, ermöglichen die Kalt/Warm-Gänge die Erfordernisse der Server zu berücksichtigen und eine ausreichende Kühlung zu garantieren.

Ein allgemeines Prinzip bei der Planung eines Datacenters ist daher die Trennung der Luftzirkulation, wobei ein Vermischen der Austritts- und der Rückluft vermieden wird.

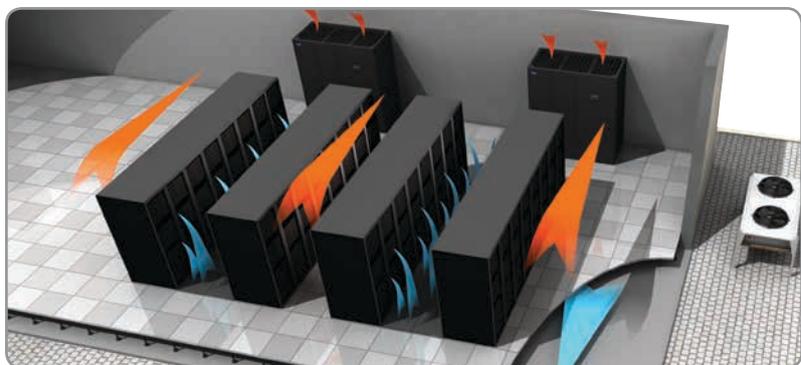
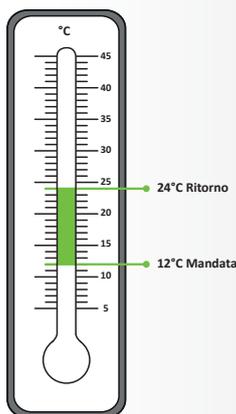
Aus der Sicht der Anwendung können sich die Lösungen für die Anlagen unterscheiden, entsprechend der Leistung in den Serverräumen.

NIEDRIGE DICHTE

Unter Anwendungen bei niedriger Dichte versteht man die, bei denen die Leistungsdichte der Server niedriger als 5kW pro Rack ist. In diesem Leistungsbereich geht die Tendenz dahin offene Gänge herzustellen: Die Kaltluft wird von der Kühleinheit in den Doppel Fußboden geleitet und erreicht über entsprechende Gitter die Server, die diese ansaugen und wieder an den Warmgang abgeben, aus dem sie wieder an die Kühleinheit zurückkehren, die sich hinter dem Raum befindet.

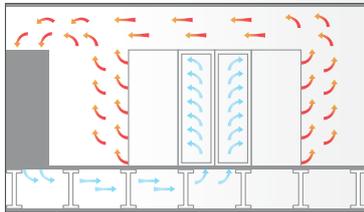
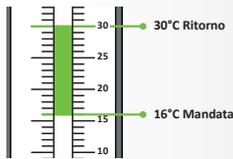
Dies ist nur ein Beispiel der Anwendung des Konzepts der "offenen Gänge", die Lösungen können sich je nach den Bedürfnissen und Maßen, die der Serverraum hat, unterscheiden. Aus diesem Grund stehen Präzisionsklimaanlagen mit verschiedenen Konfigurationen zur Verfügung, z.B. Eintritt von unten (Abwärtsströmung) oder von oben (Aufwärtsströmung).

Die Lösung der offenen Gänge gewährleistet eine gute Trennung zwischen den Luftströmungen, wenn auch nicht absolut. In Anwendungen, bei denen Leistungsanforderungen gering gehalten sind, erweist es sich als eine gute Lösung, da sie preiswert, schnell zu installieren und flexibel ist (das Layout kann einfach bei künftigen Erweiterungen des Serverraumes geändert werden). Diese Lösung erfordert jedoch Luftzufuhr bei ziemlich niedrigen Temperaturen: die Luftaustrittstemperatur beträgt typischerweise 12°C.



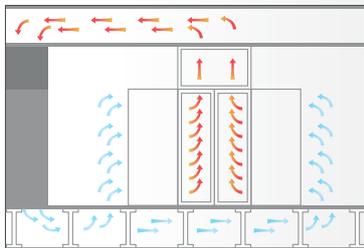
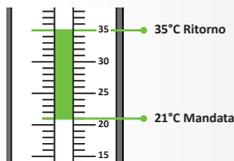
Kaltgang:

wird an der Oberseite und seitlich geschlossen mit einer klaren Trennung des Austrittsflusses von dem der Rückgewinnung.



Warmgang (Hot Aisle):

der Warmgang wird kanalisiert, und beschränkt damit die Wärmeabgabe vom Server.



MITTLERE BIS HOHE DICHTHE

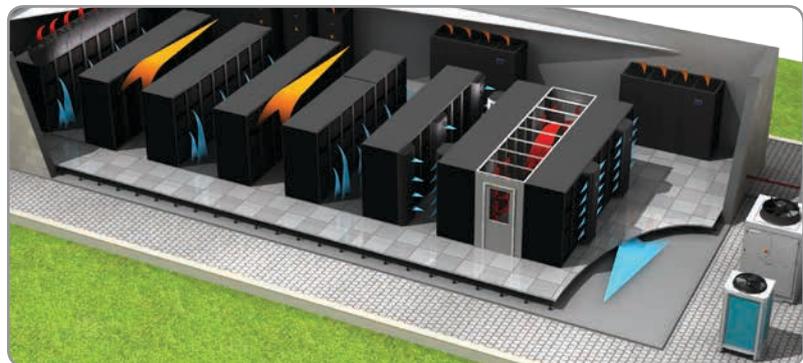
Mit zunehmender Dichte der Servern, kann eine Lösung mit offenen Gängen nicht ausreichend sein, um eine ordnungsgemäße Kühlung der Racks zu gewährleisten. Bei diesen Anwendungen wird in der Tat die Gefahr der Vermischung zwischen den zwei Strömen erhöht, die durch das Schließen der Gänge und Begrenzen der Luftströme vermieden werden kann.

Es gibt zwei mögliche Lösungen:

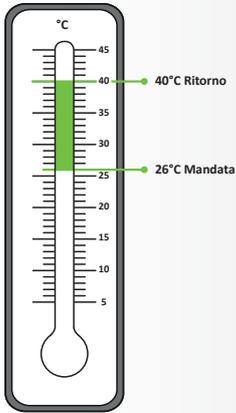
- **Aufteilung des Kaltganges:** der Kaltgang wird oben und auf der Seite geschlossen, um den Fluss der Austrittsluft vom Rückfluss strikt zu trennen;
- **Aufteilung des Warmganges:** der Warmgang wird kanalisiert, und beschränkt damit die Wärmeabgabe vom Server.

Beide Lösungen erfordern eine klare Trennung zwischen den Strömungen der heißen und kalten Luft. Die Begrenzung der Ströme ermöglicht, die Temperatur der Kaltluft zu erhöhen, die an den Server gesendet wird, da das Risiko des Mischens praktisch Null ist. Bei diesen Anwendungen liegt in der Tat die höhere Ansaugtemperatur im Bereich von 16°C bis 21°C. Die Erhöhung der Ansaugtemperatur hat als Folge die Erhöhung der Effizienz der Klimageräte: bei Direktexpansion erhöht sich die Verdampftemperatur, wenn es sich um eine Kaltwasser-Einheit handelt, bedeutet die Verwendung von Wasser bei höherer Temperatur in jedem Fall eine Verbesserung der Effizienz des Systems.

Ein zweiter Aspekt, nicht weniger wichtig, steht im Zusammenhang mit der Entfeuchtung: Wenn in Serverräumen der Beitrag von latenten Außenlasten gering ist, ist bei einer niedrigen Temperatur der Kühlregister eine Entfeuchtung nicht immer notwendig. Folglich kann ein nachfolgende Befeuchtung, die Feuchtigkeit im Raum auf dem gewünschten Niveau halten. Die Einschränkung der heißen und kalten Gänge ist daher eine ausgezeichnete Lösung, da sie es ermöglicht, bei einer höheren Temperatur der Register zu arbeiten, dies reduziert oder eliminiert das Phänomen der unkontrollierten Entfeuchtung.



Hot Aisle Containment HT



Die Lösung mit Warmgang sieht normalerweise den Luftaustritt bei 21°C und den Rückfluss bei zu 35°C vor. Eine Lösung mit einer höheren Arbeitstemperaturen (27/40°C) kann zu einer Erhöhung der Effizienz des Systems führen. Das ASHRAE setzt in der Tat mit seinem Design für Datenzentren (ASHRAE TC 9.9 - Thermal Guidelines for Data Processing Enviroments) eine Grenze für die maximale Austrittstemperatur von 27°C und 40°C für die Rückluft voraus.

Aermec schlägt daher, um eine größere Energieeinsparungen zu erzielen, die Lösung "Hot Aisle Containment HT (High Temperature)" vor, unter Berücksichtigung der architektonischen Voraussetzungen, basiert auf Reihenschaltung und Eindämmung der warmen Gänge, bei einer höheren Arbeitstemperatur.

Kapitel 4 AERMEC FÜR DATENCENTER

Diese Lösung, der Aermec den Namen "Hot Aisle Containment HT" gegeben hat, beinhaltet die Verwendung von Präzisionsklimageräten mit Wasserkühlung, installiert in Serverräumen mit Konfiguration begrenzter Warmgänge. Es wird in diesem Fall vorausgesetzt mit einer Austrittslufttemperatur von 27°C zu arbeiten, höher als die etwa 20°C der herkömmlichen Anwendungen. Die Erhöhung der Eintrittstemperatur erfordert jedoch besondere Vorkehrungen: Es ist in diesem Fall wichtig bei konstantem Luftstrom zu arbeiten, bei Werten, die sorgfältig ausgewertet werden müssen, insbesondere muss man den für den Server benötigten Mindestfluss feststellen, um die Bildung von Hot-Spots zu vermeiden.

Im Hinblick darauf haben die höheren Wassertemperaturen den Vorteil, die Effizienz der Chiller zu verbessern und zweitens, die Stunden zu erhöhen, in denen es möglich ist, auf ein Free-Cooling zurückzugreifen.

In diesem Zusammenhang optimiert Aermec die Technik des Free-Cooling, mit einer "Free-Cooling-Modulierung": auch wenn die äußeren Bedingungen eine Mindestdeckung der thermischen Belastung garantieren (d.h. wenn die Außentemperatur etwas niedriger ist als die Wassertemperatur), erlaubt die Free-Cooling-Modulierung den externen Zugriff zu maximieren, mit steigenden Prozentsätzen im Verhältnis zur Temperaturdifferenz zwischen dem Wasseraustritt aus der PAC und der äußeren Umgebung, um den Beitrag der mechanischen Kühlung auszuschließen und damit die Effizienz des Systems zu optimieren. Die Kombination einer Technik dieser Art, mit der Lösung "Hot Aisle Containment HT" kann zu enormen Energievorteilen führen.

Im folgenden werden numerische Simulationen dargestellt, um die Vorteile der Energieersparnis aufzuzeigen, die die Erhöhung der Wasseraustrittstemperatur und das Free-Cooling bringen.

Aermec definiert:

pPUE
Partial Power Usage Effectiveness

$$PPUE = \frac{\text{Lstg. Vorrichtungen IT} + \text{Anlage Klimatisierung}}{\text{Leistung der IT Geräte}}$$

BETRIEBSBEDINGUNGEN

Lösungen A und C:

Vorlauftemperatur 24°C
Relative Luftfeuchtigkeit Umgebung 45%

T. Wassereintritt PAC=15°C
T. Wasseraustritt PAC= 20°C

Lösungen B und D

Vorlauftemperatur 27°C
Relative Luftfeuchtigkeit Umgebung 40%

T. Wassereintritt PAC=18°C
T. Wasseraustritt PAC= 23°C

Kapitel 5 FALLSTUDIE

Es wurde als ein Datacenter mit 14 Racks Gesamtleistung von 35 kW (2,5 kW / Rack) zugrunde gelegt. Der Energiebedarf für Kühlung ist 80kW. Diese Anforderung wird mit zwei Einheiten von Präzisionsklimageräten mit Kühlwasser erfüllt, in der Lage alle Betriebsbedingungen zu berücksichtigen, mit einer Kühlleistung von mindestens 40 kW. Jede der beiden Einheiten PAC wird von einem Wasser-Glykol-Gemisch (20% Ethylenglykol) mit einem Chiller des Types Luft-Wasser abgekühlt, mit einer Nennleistung von 80 kW (bei Außenluft von 35°C, Wasserproduktion bei 7°C, Dt 5°C). Die Wahl der Aufteilung der erforderlichen Leistung in zwei Teile und die Dimensionierung sowohl des Chillers für die Gesamtlast, erfolgt in erster Linie aus Gründen der Zuverlässigkeit: bei Ausfall eines Chillers, ist der andere in der Lage, individuell den gesamten Server-Raum zu kühlen. Die Last des Datacenters ist konstant, 24h täglich, 7 Tage in der Woche. Der Gesamtenergieverbrauch des Raumes im Jahr für die Kühlung beträgt damit gleich 700,8 MWh (80kW x 8670h/Jahr).

Die Lösungen für die Klimatisierung, die analysiert wurden, sind die folgenden:

- A** Speisewassertemperatur der Klimaanlage 15°C (AT = 5 ° C)
- B** Speisewassertemperatur der Klimaanlage 18°C (ΔT=5°C)
- C** Speisewassertemperatur der Klimaanlage 15°C (ΔT=5°C) produziert mit Chiller mit Free-Cooling Option
- D** Speisewassertemperatur der Klimaanlage 18°C (ΔT=5°C) produziert mit Chiller mit Free-Cooling Option

Die Simulationen wurden für drei verschiedene Orte durchgeführt: Mailand, London und Cape Town.

Die Ergebnisse auf den folgenden Seiten zeigen, wie der Anstieg der Temperatur des Produktionswassers tatsächlich zu einer Senkung des Energieverbrauchs führt: Erhöhung von 15°C auf 18°C des Produktionswassers bedeutet eine Verringerung des Energieverbrauchs während des Jahres von ungefähr 2%, analysiert in allen drei Fällen. Ein nicht sehr hoher, aber bedeutender Prozentsatz, wenn man bedenkt, dass dies nur durch die Änderung der Sollwertes des Chillers erreicht wird.

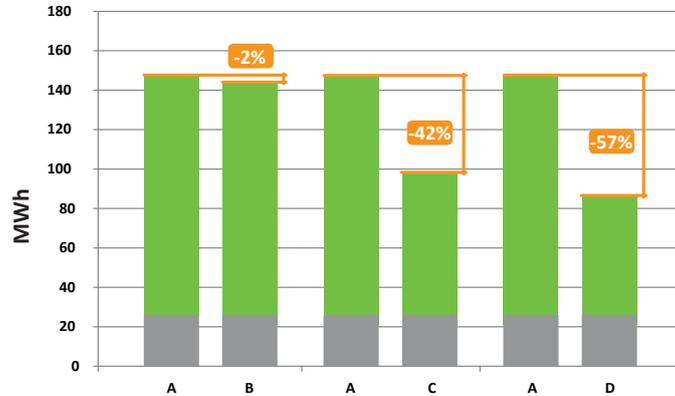
Bedeutender sind die Vorteile, die durch die Nutzung des Free-Cooling gewonnen werden können. In diesem Fall sind die Energieeinsparungen, abhängig von der Häufigkeit des Free-Cooling je nach Ort: dort wo die Temperaturen niedriger sind, ist der Einsatz des Free-Cooling häufiger und damit auch die Einsparungen höher.

FALLSTUDIE 1: MAILAND

Ergebnisse der Simulationen

Legende

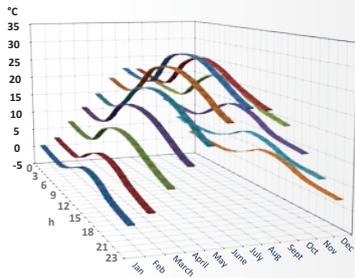
- A T Produktionswasser 15°C ($\Delta t = 5^\circ\text{C}$)
- B T Wasser 18°C ($\Delta t = 5^\circ\text{C}$)
- C T Produktionswasser 15°C ($\Delta t = 5^\circ\text{C}$) mit Option Free Cooling
- D T Produktionswasser 18°C ($\Delta t = 5^\circ\text{C}$) mit Option Free Cooling



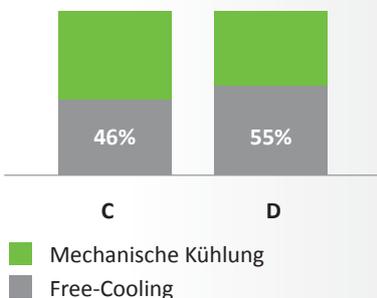
Stromverbrauch:

- Chiller + Pumpen
- PAC

Klimaprofil Mailand



Prozentualer Anteil des Free-Cooling-Betriebs auf Jahresbasis



	FALL	A	B	C	D
Vom Datacenter geforderte Kühltemperatur	MWh	700,8	700,8	700,8	700,8
Stromaufnahme vom Chiller	MWh	132,7	129,7	85,91	74,99
Stromaufnahme von PAC	MWh	26,30	26,30	26,30	26,30
EER (Chiller + PAC)	-	4,41	4,49	6,25	6,92
pPUE	-	1,52	1,51	1,36	1,33

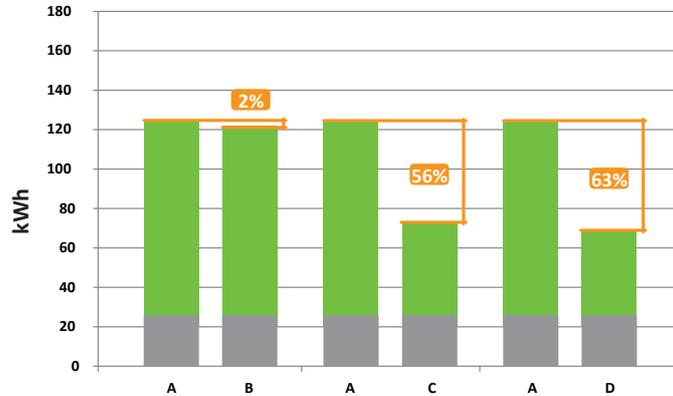
Für die Berechnung des pPUE werden die Stromaufnahme der Rack-Einheit (inklusive Umwälzpumpen) und die Stromaufnahme der Präzisionsklimageräte berücksichtigt.

FALLSTUDIE 2: LONDON

Ergebnisse der Simulationen

Legende

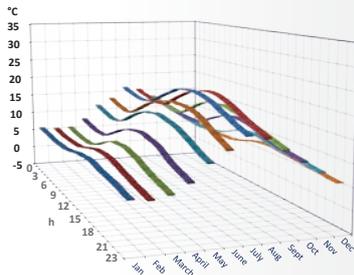
- A T Produktionswasser 15°C ($\Delta t = 5^\circ\text{C}$)
- B T Wasser 18°C ($\Delta t = 5^\circ\text{C}$)
- C T Produktionswasser 15°C ($\Delta t = 5^\circ\text{C}$) mit Option Free Cooling
- D T Produktionswasser 18°C ($\Delta t = 5^\circ\text{C}$) mit Option Free Cooling



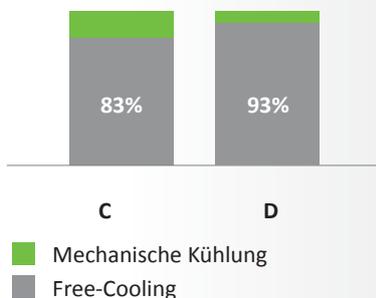
Stromverbrauch:

- Chiller + Pumpen
- PAC

Klimaprofil London



Prozentualer Anteil des Free-Cooling-Betriebs auf Jahresbasis



	FALL	A	B	C	D
Vom Datacenter geforderte Kühltemperatur	MWh	700,8	700,8	700,8	700,8
Stromaufnahme vom Chiller	MWh	117,6	114,9	65,96	61,95
Stromaufnahme von PAC	MWh	26,30	26,30	26,30	26,30
EER (Chiller + PAC)	-	4,87	4,97	7,60	7,94
pPUE	-	1,47	1,46	1,30	1,29

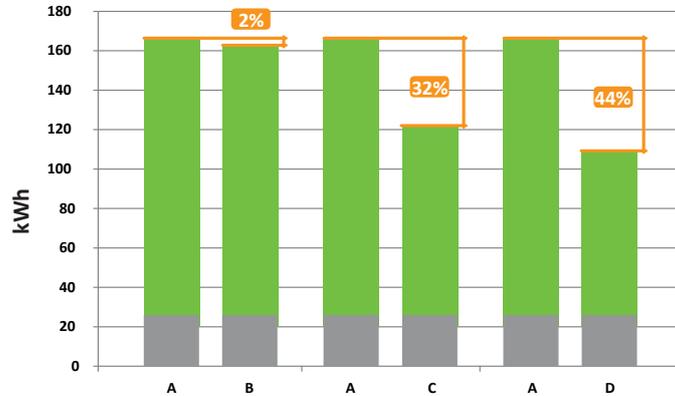
Für die Berechnung des pPUE werden die Stromaufnahme der Rack-Einheit, der Chiller (inklusive Umwälzpumpen) und die Stromaufnahme der Präzisionsklimageräte berücksichtigt.

FALLSTUDIE 3: CAPE TOWN

Ergebnisse der Simulationen

Legende

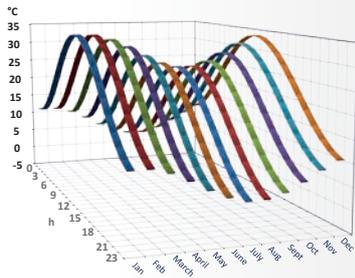
- A T Produktionswasser 15°C ($\Delta t = 5^\circ\text{C}$)
- B T Wasser 18°C ($\Delta t = 5^\circ\text{C}$)
- C T Produktionswasser 15°C ($\Delta t = 5^\circ\text{C}$) mit Option Free Cooling
- D T Produktionswasser 18°C ($\Delta t = 5^\circ\text{C}$) mit Option Free Cooling



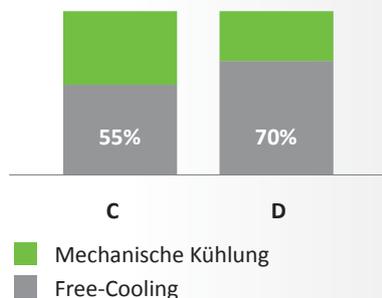
Stromverbrauch:

- Chiller + Pumpen
- PAC

Klimaprofil Cape Town



Prozentualer Anteil des Free-Cooling-Betriebs auf Jahresbasis



	FALL	A	B	C	D
Vom Datacenter geforderte Kühltemperatur	MWh	700,8	700,8	700,8	700,8
Stromaufnahme vom Chiller	MWh	159,6	156,0	115,01	102,61
Stromaufnahme von PAC	MWh	26,30	26,30	26,30	26,30
EER (Chiller + PAC)	-	3,77	3,84	4,96	5,44
pPUE	-	1,60	1,59	1,46	1,42

Für die Berechnung des pPUE werden die Stromaufnahme der Rack-Einheit, der Chiller (inklusive Umwälzpumpen) und die Stromaufnahme der Präzisionsklimageräte berücksichtigt.

Aus diesen Ergebnissen wird deutlich, dass die höheren Betriebstemperaturen (27/40°C im Vergleich zu 24/35°C) erhebliche Energieeinsparungen möglich machen, ohne das ordnungsgemäße Funktionieren des Servers zu beeinträchtigen, bei angemessener Aufmerksamkeit auf die Anlage, Begrenzen des Luftflusses und genauer Berechnung der entsprechenden Leistungen.

Aermec S.p.A. via Roma 996 - 37040 Bevilacqua (VR) Italy
T. +39 0442 633111 F. +39 0442 93577
sales@aermec.com
www.aermec.com