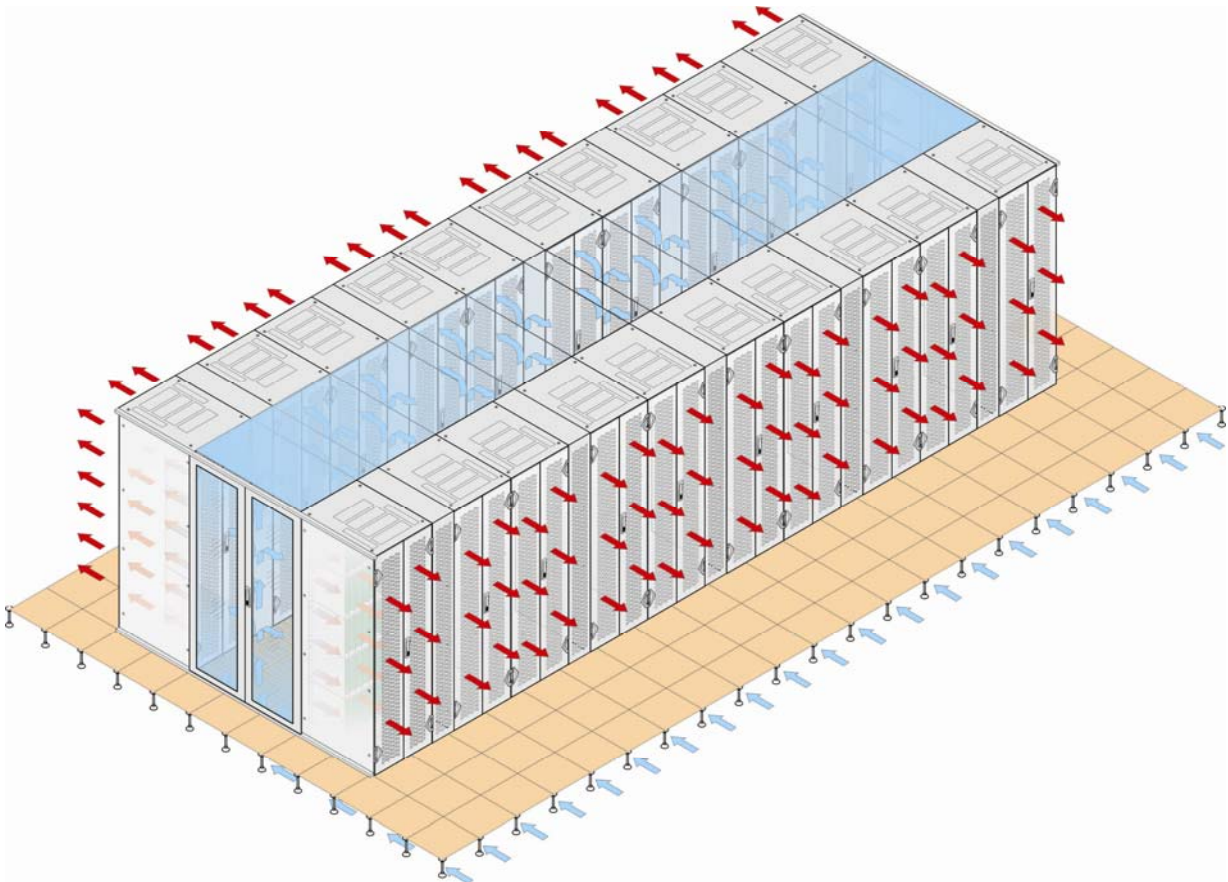


Kaltgang-Einhausung/Cold Aisle Containment

**OPTIMIERUNG DER SERVERSCHRANK-ENTWÄRMUNG
ZUR EFFIZIENZVERBESSERUNG BZW. ENTLASTUNG DER
RAUMKLIMATISIERUNG IM RECHENZENTRUM**



Inhalt:

1. Einleitung: Verluste minimieren, Kühlung optimieren
2. Aufstellung von Serverschränken im Rechenzentrum – kalte und warme Gänge
 - 2.1 Kalte Luft kommt von oben
 - 2.2 Kalte Luft kommt von unten
3. Optimierung Stufe 1: Mit Radiallüftern in den Rücktüren
4. Optimierung Stufe 2: Abdecken des kalten Ganges
5. Optimierung Stufe 3: Der kalte Gang wird auch vorne und hinten verschlossen
6. Optimierung Stufe 4: Wasser gekühlte Türen auf der Austrittsseite aus den Servern
7. Optimierung Stufe 5: Wasser gekühlte Türen auf der Eintrittsseite zu den Servern
8. Optimierung Stufe 6: Geschlossene Zelle mit je zwei LWWTs (LHX 20) vorne und hinten
9. Optimierung Stufe 7: Klimaanlage nur als Sicherheit
10. Fazit
11. Schroff Unternehmensportrait und Angaben zum Autor

1. Einleitung: Verluste minimieren, Kühlung optimieren

In den letzten Jahren sind die Leistungen von Servern in Rechenzentren dramatisch angestiegen und damit auch der Kühlungsbedarf. Rechenzentren werden heute fast immer noch ausschließlich mit Luft gekühlt. Server und andere IT-Komponenten werden meist so in Serverschränke eingebaut, dass sie frontseitig kühle Luft aus dem Raum ansaugen und erwärmte Luft rückseitig ausblasen. Die kalte Luft wird dabei von einer zentralen Raumklimatisierung zur Verfügung gestellt. Eine Optimierung der Kühlung zur Entlastung der vorhandenen Klimaanlage ist vor allem dann notwendig, wenn

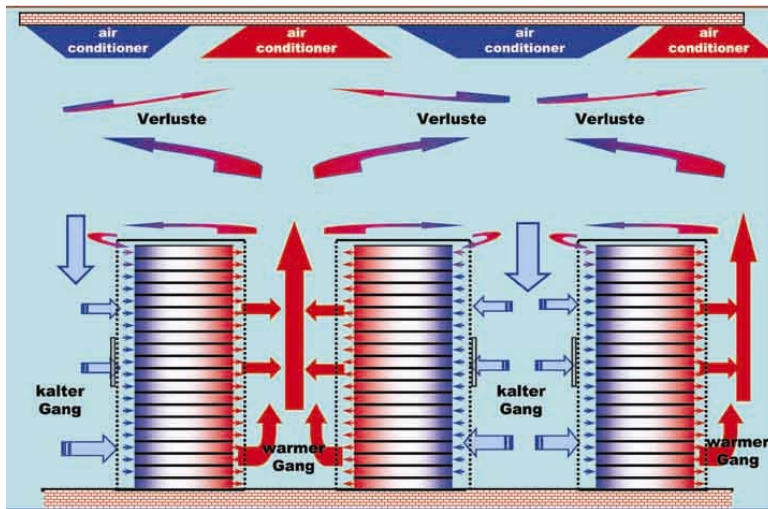
- ein vorhandener Serverraum nachträglich aufgerüstet wird. D.h., es werden mehr Serverschränke aufgestellt als eigentlich von der zentralen Klimatisierung gekühlt werden können;
- eine nicht optimale Serverraumkonfiguration eine deutliche Unterkühlung des Serverraumes erfordert. Dadurch geht ein Teil der Kühlleistungskapazität der Klimaanlage unnötig verloren.

2. Aufstellung von Serverschränken im Rechenzentrum – kalte und warme Gänge

Die maximal mögliche Kühlleistung pro Serverschrank wird bei reiner Luftkühlung durch die Fähigkeit des umgebenden Raumes begrenzt, ausreichend Kühlluft zu den Frontseiten der Schränke zu bringen und die Warmluft von den Rückseiten wieder aus dem Raum heraus zuführen. Werden Serverschränke in Gängen angeordnet, bei denen die Rückseite der einen Serverschrankreihe zur Frontseite der nächsten Serverschrankreihe ausgerichtet ist, saugen die Server der zweiten Schrankreihe immer einen Teil der von der ersten Reihe ausgeblasenen Warmluft direkt wieder an. Durch die Anordnung der Serverschränke zu sogenannten „kalten“ und „warmen“ Gängen wird die Klimatisierung eines Rechnerraums bereits optimiert. Die unten aufgeführten Vorschläge setzen allerdings voraus, dass die Schränke selbst bereits bezüglich der richtigen Luftführung optimiert sind.

2.1 Kalte Luft kommt von oben

Bei der Anordnung mit kalten und warmen Gängen kann die kalte Luft auf zwei verschiedenen Wegen in den kalten Gang strömen. Erste Möglichkeit: Die kalte Luft wird von oben durch die Klimaanlage zur Verfügung gestellt und die erwärmte Luft wird ebenfalls oben beziehungsweise seitlich (hier nicht dargestellt) von der Klimaanlage aus dem Raum wieder abgesaugt.



Diese Lösung wird gewählt, wenn z.B. kein Doppelboden zur Verfügung steht. Allerdings entstehen hier relativ große Verluste. Durch die räumliche Nähe zwischen Einblas- und Absaugstutzen der Klimaanlage entstehen Kurzschlüsse. Das bedeutet, ein Teil der kalten Luft wird sofort wieder abgesaugt. Außerdem wird ein Teil der erwärmten Luft aus den warmen Gängen nicht direkt von der Klimaanlage abgesaugt, sondern sie vermischt sich mit der von oben einströmenden kalten Luft und wird wieder von den Servern in die Schränke angesaugt.

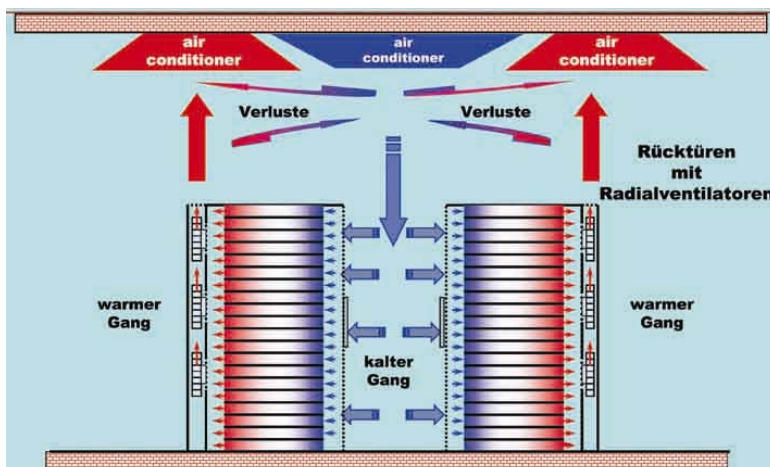
2.2. Kalte Luft kommt von unten

Strömt die kalte Luft über einen Doppelboden von unten in die kalten Gänge, kann ein Teil der beschriebenen Verluste vermieden werden. Auch bei dieser Anordnung wird die erwärmte Luft oben von der Klimaanlage abgesaugt.

Die oben beschriebenen Luftkurzschlüsse zwischen den Einblas- und Absaugstutzen entstehen hier nicht, da Luftzuführung (Doppelboden) und Luftabsaugung (Raumdecke) weit genug voneinander entfernt sind. Um aber die obersten Server eines Schrankes mit genügend kalter Luft zu versorgen, strömt auch in diesem Fall ein Teil der kalten Luft an den Servern vorbei, direkt zu den Ansaugstutzen der Klimaanlage. Bei einer solchen Konfiguration spielt die Strömungsgeschwindigkeit der kalten Luft eine sehr wichtige Rolle. Ist diese zu gering, werden die oberen Server in den Schränken nicht ausreichend mit Kaltluft versorgt. Die Lufttemperatur im oberen Bereich der Schränke erreicht dann unzulässig hohe Werte, es entstehen Wärmenester. Ist die Strömungsgeschwindigkeit zu hoch, strömt die kalte Luft zu schnell an den unteren Servern vorbei und dadurch steht diesen zu wenig kalte Luft zur Verfügung. Diese Balance wird zusätzlich noch dadurch erschwert, dass es zwischen der kalten und warmen Luft zu einer Vermischung im kalten Gang kommt und dadurch zu einer Temperaturschichtung zwischen der unteren und oberen Schranklage. Diese Schichtung kann selbst in günstigen Fällen bis zu 5 K betragen und effektiv nur durch die Einhausung auf ein Minimum reduziert werden.

3. Optimierung Stufe 1: Mit Radiallüftern in den Rücktüren

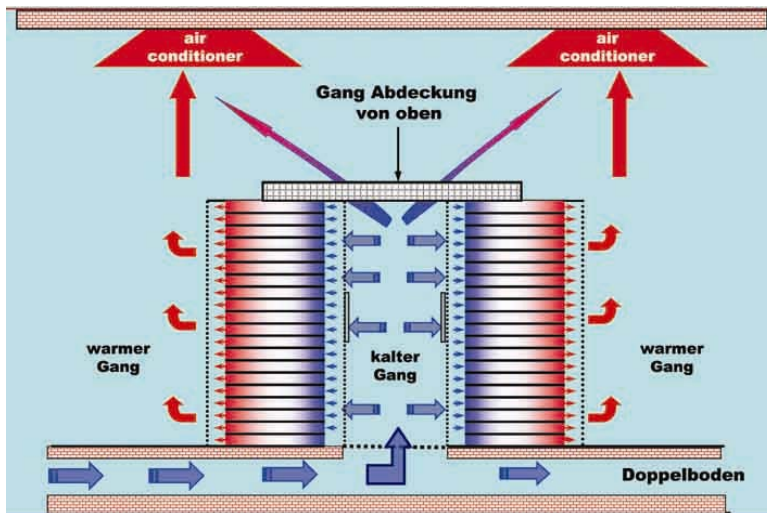
Um die Kühlung weiter zu optimieren werden die normalen Rücktüren der Serverschränke durch solche mit Ventilatoren ersetzt. Die Ventilatoren saugen die erwärmte Luft aus dem Serverschrank und blasen sie direkt zu den Absaugstutzen der Klimaanlage. Diese Variante wird in erster Linie bei Serverräumen ohne Doppelboden angewandt, um die Kurzschlüsse zwischen der kalten und warmen Luft möglichst zu minimieren. Dadurch werden die Verluste deutlich gesenkt. Ein weiterer Vorteil ist die gleichmäßige Luftdurchströmung über die gesamte Schrankhöhe. Dieser Vorteil bleibt auch bei der Anwendung in Serverräumen mit Doppelboden erhalten.



Der Austausch der Standardtüren gegen Rücktüren mit Radialventilatoren kann schnell und unproblematisch, sogar während des laufenden Betriebes erfolgen.

4. Optimierung Stufe 2: Abdecken des kalten Ganges

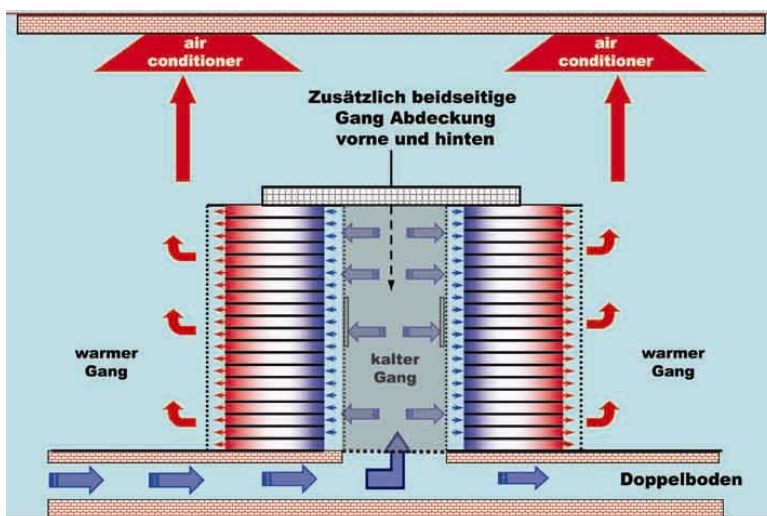
Um die Verluste aus den kalten Gängen zu minimieren und die Gradwanderung zwischen zu niedriger und zu hoher Strömungsgeschwindigkeit zu umgehen, gibt es bei der Kaltluftzufuhr über den Doppelboden verschiedene Möglichkeiten. Die einfachste Lösung ist die Abdeckung der kalten Gänge von oben.



Dadurch kann zum einen die Strömungsgeschwindigkeit der kalten Luft reduziert werden und zum anderen wird sicher gestellt, dass der größte Teil der kalten Luft, die in den kalten Gang hineingeleitet wird, auch von den Servern in den Schränken angesaugt wird. Die Temperaturschichtung entlang der Schrankhöhe wird deutlich reduziert, was zur Effizienzsteigerung der Klimaanlage beiträgt. In Laufrichtung des kalten Ganges (vorne und hinten) kommt es allerdings weiterhin zu Verlusten.

5. Optimierung Stufe 3: Der kalte Gang wird auch vorne und hinten verschlossen

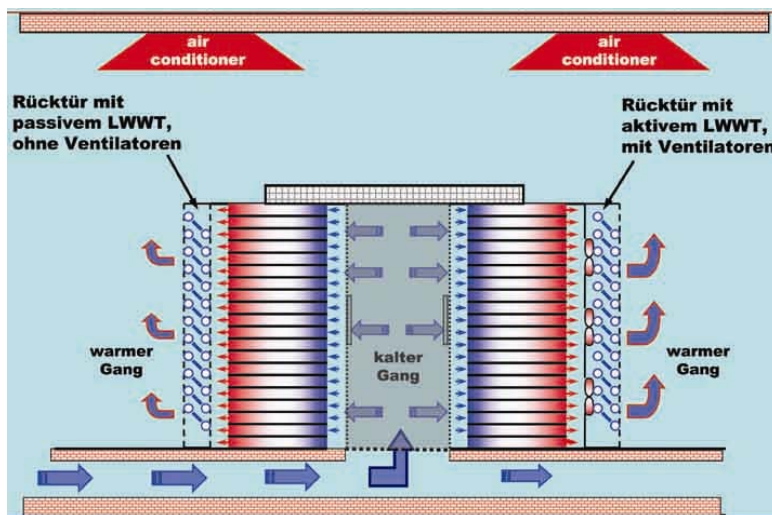
Nun wird zusätzlich zur Abdichtung von oben der kalte Gang auch vorne und hinten geschlossen (Tür oder Schleuse).



Dadurch entstehen eine Zelle und eine Art Zwangsführung der Luft. Die kalte Luft kann nur noch durch die Serverschränke strömen. Es entstehen keinerlei Verluste mehr. Die Temperaturschichtung entlang der Schrankhöhe wird auf diese Art effektiv beseitigt, was zu einer optimalen energetischen Ausnutzung der Klimaanlage beiträgt.

6. Optimierung Stufe 4: Wasser gekühlte Türen auf der Austrittsseite aus den Servern

Beim nächsten Optimierungsschritt werden die Türen auf der Austrittsseite aus den Servern entweder durch Türen mit passiven LWWTs (Luft-Wasser-Wärmetauschern) oder aktiven LWWTs ersetzt.



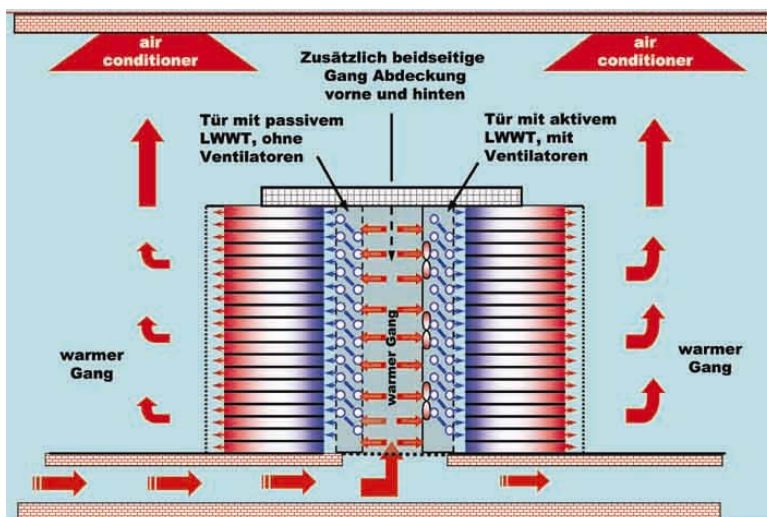
Durch den Einsatz der aktiven oder passiven LWWTs an dieser Stelle wird die vorhandene Klimaanlage zum Teil erheblich entlastet. In beiden Fällen kann die warme Serverluft vor dem Verlassen des Serverschranks sogar bis auf ein Niveau unterhalb der Lufteingangstemperatur gekühlt werden. Diese Eigenschaft kann vom Nutzen sein, wenn die Klimaanlage ihre physikalischen Grenzen bereits erreicht hatte, aber im Serverraum zusätzliche Server aufgestellt werden müssen.

Bei Rücktüren mit aktiven LWWTs wird eine gleichmäßige Luftverteilung über die gesamte Höhe der Schränke erreicht. Die Ventilatoren der aktiven LWWTs saugen die wärme Serverluft aus dem hinteren Serverschrankbereich durch den LWWT ab und blasen sie gekühlt in den Serverraum. Die servereigenen Ventilatoren werden dadurch kräftig unterstützt. Werden Rücktüren mit passiven LWWTs eingesetzt, muss der Luftwiderstand des Wärmetauschers exakt auf die servereigenen Ventilatoren abgestimmt werden, damit diese noch in der Lage sind, die erwärmte Luft auszublasen.

7. Optimierung Stufe 5: Wasser gekühlte Türen auf der Eintrittsseite zu den Servern

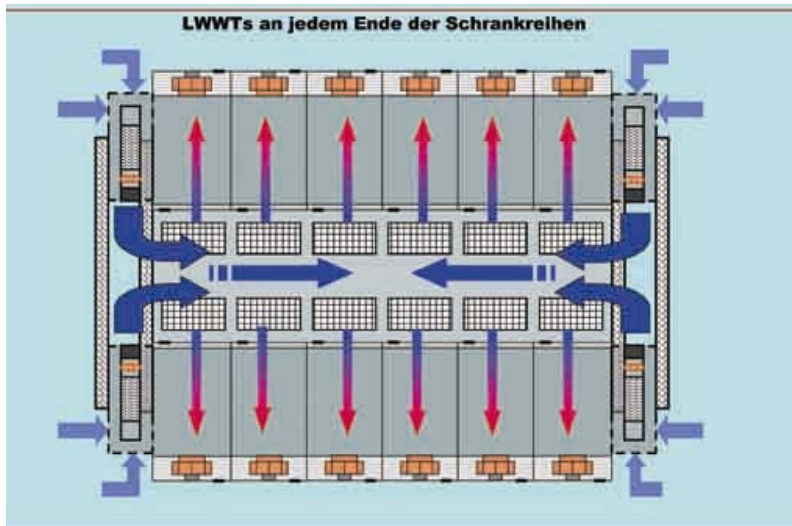
In diesem Optimierungsschritt werden die Türen auf der Eintrittsseite zu den Servern entweder durch Türen mit passiven LWWTs (Luft-Wasser-Wärmetauschern) oder aktiven LWWTs ersetzt. Allerdings kann eine solche Optimierung nur dann umgesetzt werden, wenn die Bauart der Servereinheiten dies erlaubt. Denn um die Frontseite der Server bedienen oder beobachten zu können müssen die Server von hinten mit kalter Luft durchströmt werden. Darüber hinaus sollten die Patchkabel und sonstige wichtige Anschlüsse frontseitig angeschlossen werden, um die LWWT-Türen nicht mit Scharnieren versehen zu müssen. Dafür wird der Anwender mit zusätzlichen attraktiven Vorteilen belohnt:

- Eine Raumklimaanlage wird nicht mehr benötigt. Lediglich der Kaltwassersatz (Chiller) ist notwendig, um das kalte Wasser für die LWWTs zu erzeugen.
- Durch den Einsatz von Zweiwegeventilen vor jedem LWWT werden diese nur eine solche Menge an kaltem Wasser in Anspruch nehmen, welche zur Einhaltung der voreingestellten Servertemperatur notwendig ist.
- Durch den Einsatz von Zweiwegeventilen vor jedem LWWT wird die Umwälzpumpe sehr wirtschaftlich mit einem konstanten Druck und einer variablen Wassermenge betrieben.
- Die nicht unerheblichen Energieverluste durch die Kühlung des Serverraumes und des Doppelbodens (Gebäudekühlung) entfallen. Im Gegenteil, dadurch, dass die Raumtemperatur deutlich höher liegen wird als die Gebäudeaußentemperatur, wird ein Teil der Wärme über die Gebäudemauer an die Umgebung abgegeben und damit der Kaltwassersatz entlastet.
- Es ergibt sich eine spürbare Einsparung an Energiekosten, die durch den ausschließlichen Einsatz von passiven LWWTs noch deutlicher erhöht werden kann.



8. Optimierung Stufe 6: Geschlossene Zelle mit je zwei LWWTs (LHX 20) vorne und hinten

Noch effektiver wird die Kühlung durch den Einsatz von je zwei LWWTs rechts und links innerhalb der geschlossenen „kalten“ Zelle, am Ende der Schrankreihen. Zusätzlich können die Rücktüren auch noch mit Radialventilatoren ausgerüstet werden. Wobei hier die Fälle mit und ohne Doppelboden separat betrachtet werden müssen. In beiden Fällen wird jedoch die Effizienz der Serverkühlung gravierend erhöht.



Ist ein Doppelboden vorhanden, ergeben sich auf diese Art durch die Beimischung zusätzlicher kalter Luft gleich mehrere Vorteile:

- Die Lufttemperatur in der kalten Zelle kann gegenüber der Lufttemperatur aus dem Doppelboden deutlich gesenkt werden.
- Die Luftmenge, die jetzt den Servern zur Verfügung gestellt wird, erhöht sich.
- Die überschüssige Menge an Kaltluft aus dem Doppelboden, kann anderen Serverschränken zur Verfügung gestellt werden.
- Die Serverschränke nahe an den LWWTs beziehen mehr kalter Luft von den LWWTs und weniger aus dem Doppelboden. Dadurch können die mittleren Schränke mehr kalte Luft aus dem Doppelboden beziehen.
- Die Verteilung der Luftströmung über die gesamte Höhe der Serverschränke wird deutlich gleichmäßiger.

Ist kein Doppelboden vorhanden, ist bei der Bildung einer solchen „kalten“ Serverzelle die maximal mögliche Kühlleistung der LWWTs und die Erreichbarkeit bzw. Versorgung der einzelnen Serverschränke mit kalter Luft zu beachten. Auch hier ergeben sich mehrere Vorteile:

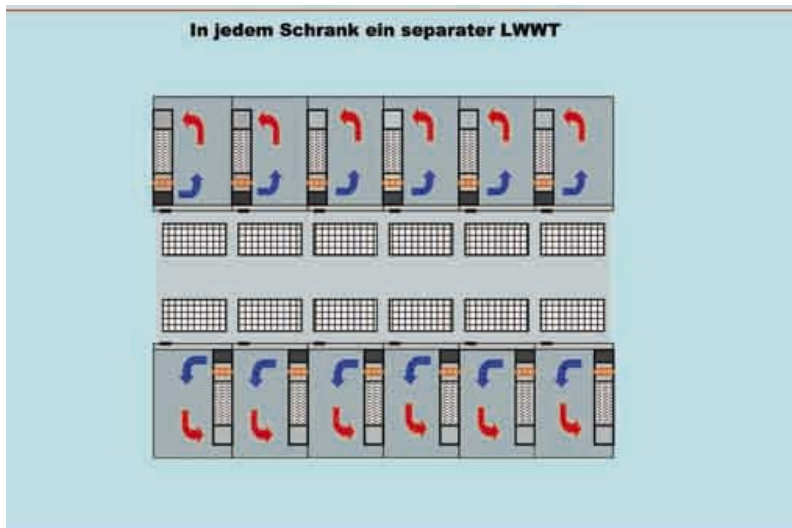
- Die Serverschränke können mit deutlich kühlerer Luft versorgt werden, als die Klimaanlage zur Verfügung stellen kann.
- Die Raumklimaanlage kann deutlich entlastet werden.
- Dieses Konzept kann auch in Räumen angewandt werden, die sonst nicht als Serverräume gelten.

- Die Verteilung der Luftströmung über die gesamte Höhe der Serverschränke wird deutlich gleichmäßiger, was die Entstehung von Wärmenestern verhindert.
- Die Temperaturschichtung entlang der Schrankhöhe wird so gut wie beseitigt. Dadurch ergibt sich eine höhere energetische Effizienz des gesamten Systems.

Dieses Konzept kann durch den Einsatz der oben beschriebenen Kühltüren mit allen dort erwähnten Vorteilen weiter ausgebaut werden

9. Optimierung Stufe 7: Klimaanlage nur als Sicherheit

In der letzten Optimierungsstufe werden die nachträglich aufgestellten Serverschränke im geschlossenen Zustand über LWWTs (LHX20) gekühlt. Dadurch entsteht ein raumunabhängiges Kühlkonzept und die Vorteile einer Wasserkühlung können uneingeschränkt genutzt werden. Die Schrankinnentemperatur wird exakt auf die Serverbedürfnisse abgestimmt, die sonstige Infrastruktur bleibt dabei unberührt.



Mit diesem Konzept können bestehende Rechenzentren, deren Klimaanlage so ausgelastet ist, dass die Erhöhung der Kaltluftmenge nicht mehr möglich ist, aber Reserven für eine zusätzliche Wasserkühlung noch vorhanden sind, mit weiteren Serverschränken bestückt werden. Die bereits vorhandenen Serverschränke werden weiterhin über die zentrale Klimaanlage gekühlt. Im Bedarfsfall muss ein zusätzlicher Chiller (Kaltwassersatz) für die LWWTs aufgestellt werden.

Wird ein Serverraum nicht nachträglich aufgerüstet, sondern neu konzipiert, können von vorne herein alle Serverschränke raumunabhängig über LWWTs (LHX 20) gekühlt werden. Dadurch werden nur die Bereiche im Rechenzentrum gekühlt, die Kühlung benötigen. Im Normalbetrieb kann so die Leistung der Klimaanlage auf ein Minimum heruntergefahren werden. Die Klimaanlage muss nur den Teil der Wärme abführen, der durch die Schrankoberflächen an den

Raum abgegeben wird und übernimmt zusätzlich eine Sicherheitsfunktion. Sollte einer der eingebauten LWWTs ausfallen, öffnet sich z.B. automatisch die Tür dieses Serverschranks und die Server werden für eine gewisse Zeit mit der von der Klimaanlage gekühlten Raumluft versorgt.

10. Fazit

Zur Optimierung bestehender Rechenzentren hinsichtlich einer effektiveren Entwärmung gibt es verschiedene Möglichkeiten. So kann eine eigentlich an der Leistungsgrenze angekommene Raumklimatisierung entlastet werden und die Aufstellung weiterer Serverschränke wird möglich. Auch auf der IT-Seite besteht weiteres Optimierungspotential, in dem auch die Energieeffizienz der einzelnen Geräte (z.B. Server) weiter verbessert wird. Viele namhafte Hersteller haben sich daher zu offenen, gemeinnützigen Organisationen wie „Green Grid“ und der „Climate Savers Initiative“ zusammengeschlossen.

11. Schroff Unternehmensportrait und Angaben zum Autor

Schroff mit Firmensitz in Straubenhardt/Deutschland ist ein führender Entwickler und Hersteller von Elektronik-Packaging-Systemen für die Elektronik, Automatisierung, Informations- und Kommunikationstechnik weltweit. Das Standardproduktprogramm reicht von Indoor- und Outdoor-Schränken, Gehäusen und Baugruppenträgern über Stromversorgungen, Busplatinen bis hin zu Mikrocomputer-Aufbausystemen inklusive Klimatisierung. Auf Basis dieser Produktplattformen ist Schroff in der Lage, kundenspezifische Modifikationen schnell und kostengünstig zu realisieren. Im umfassenden Integrationservice vereint Schroff seine Produkt- und Serviceleistungen zu einer Komplettlösung mit echtem Kundennutzen. Unsere Produkte und Serviceleistungen sind die Ergebnisse jahrzehntelanger Fokussierung auf die globalen Belange der Elektronikmärkte. So hat Schroff seine Kernkompetenzen stetig ausgebaut, um heute mit Expertenwissen in Electronic Packaging, Thermal Management und elektromagnetischer Kompatibilität zusätzliche Wertschöpfung einzubringen.

Dr.-Ing. Adam Pawlowski ist Absolvent der "Politechnika Warszawska" in Warschau, Fachbereich Flugzeugmotorenbau mit Schwerpunkt Verbrennungsvorgänge. Während seiner Zeit als wissenschaftlicher Angestellter an der TU Berlin promovierte er im Fachbereich Mechanische Schwingungslehre. Im Laufe seines beruflichen Werdegangs arbeitete er mehrere Jahre als Abteilungsleiter im Bereich F&E Klimatechnik in Unternehmen der Schaltschrankklimatisierung sowie der Automobilindustrie. Seit August 2005 ist Dr.-Ing. Pawlowski bei der Schroff GmbH als Produktmanager für Klimatechnik tätig.