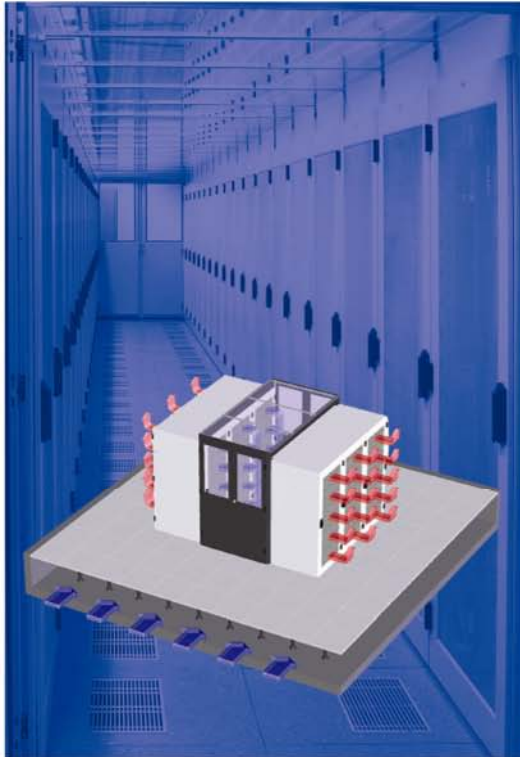


ICT-Equipment Klimatisierung

Konzeptionelle Unterschiede und umweltschonende Aspekte



ICT-Equipment Klimatisierung – Konzeptionelle Unterschiede und umweltschonende Aspekte

Um das operative Geschäft sicherstellen zu können, haben heute Unternehmen sehr hohe Anforderungen an die Verfügbarkeit der ICT-Infrastruktur.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, werden für die Konzeption eines Rechenzentrums / Serverraums folgende Aspekte miteinbezogen:

- Verfügbarkeitsanforderungen
- Business Continuity Plan
- Skalierbarkeit
- TCO
- Brandschutz
- Einbruchschutz
- Wasser
- Grösse
- Überwachung
- Stromversorgung & USV
- Redundanzen
- **Klimatisierung**
- Racks Infrastruktur
- Kommunikation
- Organisation

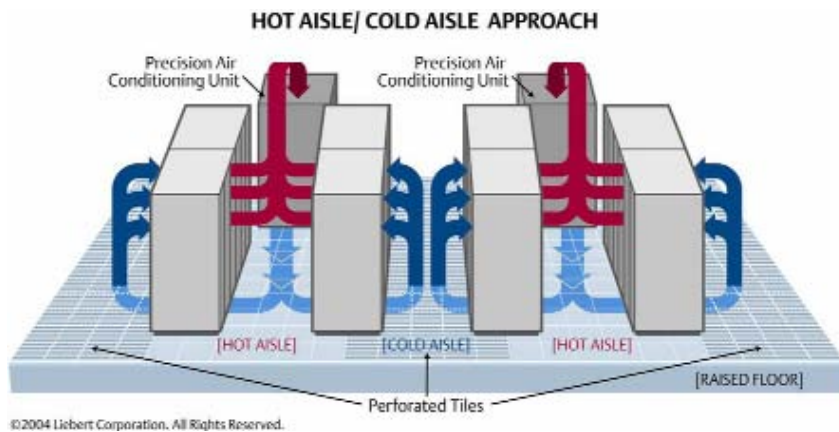
Die Klimatisierung nimmt dabei eine zentrale Rolle ein. Sie ist entscheidend für die Zuverlässigkeit sowie die Verfügbarkeit der Serverinfrastruktur. Die auftretende Verlustleistung muss auf eine möglichst effiziente, wirtschaftliche und ökologische Art und Weise aus der Rechenzentrum- / Serverraum-Infrastruktur gebracht werden.

Nicht zu unterschätzen ist die Tatsache, dass aufgrund der hohen Leistungen sowie der steigenden Packungsdichte der Server / Switches enorm hohe Wärmelasten anfallen. Server, Storage- und andere IT-Komponenten werden immer leistungsfähiger und dabei in ihren Bauweisen immer kompakter, sie benötigen immer weniger Platz. Hat man noch vor wenigen Jahren Rechenzentren auf eine Wärmelast von 1 kW pro Rack konzipiert, werden heute häufig 10 kW und bei speziellen Anwendungen mehr als 20 kW erreicht. Dies führte bei der Entwicklung von Kühlsystemen auch zur Veränderung der Bemessung selbst – von den früheren «**Watt pro Quadratmeter**» zu den heutigen «**kW pro Rack**». Diese Abwandlung ist deshalb von Bedeutung, weil sie eine wesentliche Änderung der Perspektive beinhaltet: von der herkömmlichen Raum-basierten Bemessung, bei welcher der Schwerpunkt auf der Wärmeabführung aus dem Raum liegt, zu einer Rack-basierten Sichtweise mit mehr Priorität für die Gewährleistung angemessener Kühlung des einzelnen Racks.

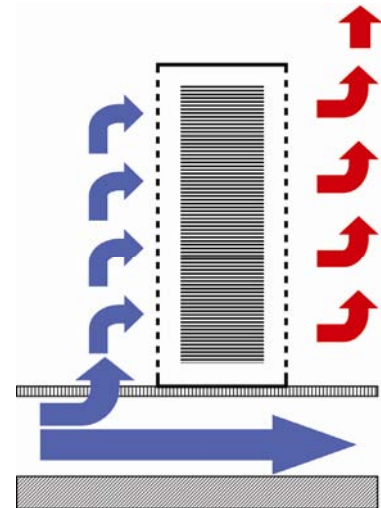
Wenn wir von Knürr / Emerson Network Power als Lieferant von RZ-Infrastruktur vor Ort bei den Kunden sind, sind wir vielfach mit unterschiedlichen Klimatisierungs-Ansätzen innerhalb eines Rechenzentrums konfrontiert. Dies ist verständlich, da RZ-Betreiber eine über die Jahre herangewachsene Server-Infrastruktur zu betreiben haben. Die vor mehreren Jahren geplante Infrastruktur kann nicht immer den heute und morgen geltenden Ansprüchen genügen.

Wir möchten hier auf Pro und Kontras, bezogen auf die unterschiedlichen Ansätze im Rahmen der Klimatisierung respektive Rack-Infrastruktur, eingehen. Es ist dabei eine differenzierte Betrachtung notwendig, ob man von einer neu zu bauenden Infrastruktur oder von einer bestehenden Umgebung, welche es zu optimieren gilt, ausgeht.

1. Klassische Klimatisierung



Die Klimatisierung mit Luftkühlung über einen Doppelboden ist allgemeine Praxis bei Wärmelasten bis ca. 4 kW je Rack



Konventionelles Serverrack

Die **«Mutter aller Luftkühlung»** auf Raumebene ist die Warmgang-/Kaltgang-Aufstellung der Schrankreihen. Diese Konfiguration ist die Voraussetzung um mit Doppelboden-Kühlsystemen Wärmedichten über etwa 1 kW pro Schrank erreichen zu können. Bei dieser Anordnung werden Racks nach ihrer Luftführung in «warme» und «kalte» Gänge ausgerichtet. In den «kalten» Gängen sind perforierte Bodenelemente installiert, so dass die Kühlluft aus dem Doppelboden austreten kann.

Optimiert werden die Racks mit einer ebenfalls durchgängigen Trennung von Kalt- und Warmseite durch Blindplatten, Blenden, Abdeckungen und gegebenenfalls mit Luftleitblechen. Perforierte Türen mit >80% Luftdurchlass sind dabei unerlässlich.

Dieser Ansatz eignet sich, wenn genügend RZ-Platz (Fläche, Höhe des Doppelbodens, genügend Freiraum oberhalb der Racks) vorhanden ist und nicht mehr als max. 3 bis 4 kW an Verlustleistung pro Rack entsteht. Um eine gleichmäßige Kühlluftverteilung auf die einzelnen Racks zu erreichen, muss der Druck unterhalb des Doppelbodens sinnvoll festgelegt und der Doppelboden sorgfältig abgestimmt werden.

Unterstützung der Wärmeabfuhr in bestehender, klassischer Infrastruktur

Der Einsatz von Lüftern in oder an Schränken in klimatisierten Serverräumen oder Rechenzentren ist nur in Ausnahmefällen sinnvoll. Ein Lüfter kühlt nicht, vielmehr ist er eine zusätzliche Wärmequelle und eine zusätzliche Last für die USV-Anlage. Dazu wird die Energieeffizienz des Gesamtsystems verschlechtert, die Betriebskosten (Stromverbrauch) werden meist erheblich unterschätzt. Bei den derzeitigen Strompreisen kostet beispielsweise der Betrieb eines 100 W Lüfters pro Jahr etwa 100 CHF. Da jeder Lüfter auch ein Ausfallrisiko hat, muss seine Funktion kontinuierlich überwacht werden.

Lüfter werden sinnvollerweise nur dann eingesetzt, wenn Luft an eine Stelle transportiert werden soll, die sie von selbst nicht erreicht oder wenn sie gegen einen Strömungswiderstand (z.B. das Rippenpaket eines Wärmetauschers) gefördert werden soll. Typische Anwendungen sind Lüftereinschübe, die über oder unter Subracks angebracht werden um die Elektronikplatinen darin mit Kühlluft zu versorgen. CoolBlast Fan Units von Knürr / Emerson Network Power gibt es als Lüftereinschub mit 3 bzw. 6 Lüftern zur Vertikalbelüftung des eingesetzten Equipments. Es stehen Lüfter in drei unterschiedlichen Leistungsklassen zur Verfügung (Standard-, High-, Ultra high Performance). Gewählt werden kann zwischen leisen Axialventilatoren und speziellen Diagonalventilatoren mit einer besonders grossen Förderrate für Kühlluft.

Typische RZ Komponenten wie Server, Speichereinheiten oder Switche, haben eigene Lüfter und brauchen in aller Regel keine zusätzlichen Lüfter. Sie sind immer leistungsfähig genug um den minimalen Gegendruck einer Schranktüre mit Hexagonalgitter zu überwinden. Gelegentlich werden Schranklüfter eingesetzt um die Warmluft aus so genannten Wärmenestern herauszusaugen. Eine weiter oben schon erwähnte, saubere Lufttrennung innerhalb der Schränke in kalte und warme Luft, ist fast immer die bessere Lösung.

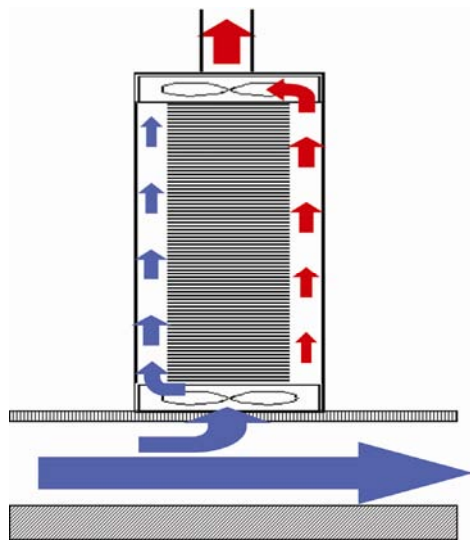
In Netzwerkschränken mit geschlossenen Türen, in welchen aktive Komponenten eingebaut sind, können zur Unterstützung der Wärmeabfuhr Dachlüfter eingesetzt werden.



Für Serveranwendungen kommen vielfach die CoolBlast Dachlüfter zum Einsatz

2. Klassische Klimatisierung (forcierte Kühlluftzufuhr innerhalb des Racks)

In einzelnen Fällen kann es sinnvoll sein, Luft aus dem Doppelboden heraus per Lüfter unten in einen Schrank hineinzudrücken oder oben durch einen „Kamin“ abzusaugen und in einen Luftkanal oder eine abgehängte Decke zu fördern. Der Schrank muss dann auf einer Seite eine geschlossene Türe (Glastüre), auf der anderen Seite eine perforierte Türe aufweisen. Die Lüfter sollten entweder zuluft- oder abluftseitig angeordnet werden, aber nicht gleichzeitig auf beiden Seiten. Eine Reihenschaltung von Lüftern ist strömungstechnisch ungünstig.



Forced Air Cooling

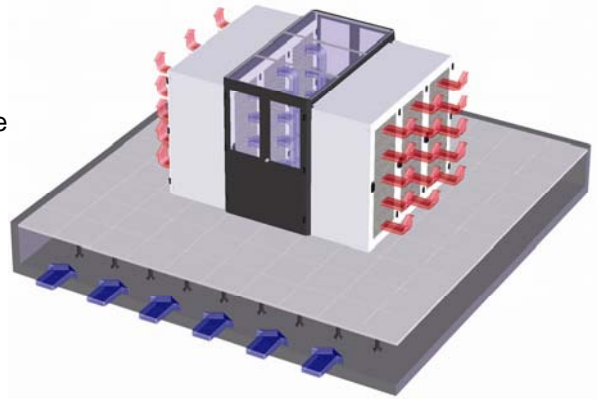
Die Lüfter sollten geregelt sein um überhaupt einen sinnvollen Betrieb im Raum zu ermöglichen. Wie und wonach die Lüfter geregelt werden sollen, hängt von der spezifischen Konfiguration des gesamten Klimatisierungssystems ab.

Allerdings setzt der Einsatz eines solchen Racks eine sehr sorgfältige Abstimmung mit der Raumluffführung voraus, da man die Lage auch ganz leicht verschlimmern kann. Es wird empfohlen, im Zweifelsfall einen Experten beizuziehen. Es sind sehr viele Einflussfaktoren zu beachten, die sich nicht in allgemeinen Regeln festhalten lassen. Die Abstimmung eines Luftkühlungssystems ist weitaus komplexer und empfindlicher als die eines wassergekühlten Schanks mit Kühlwasserversorgung.

Lösungen dieser Art sind nicht geeignet um dem Engpass der Kühlung im RZ, der Kühlluftversorgung durch die ULK's, des Kühllufttransports durch den Doppelboden, der Kühlluftverteilung sowie der Abfuhr der erwärmten Luft im Raum entgegenzuwirken. Ein Rack mit Zwangsbelüftung ist bestenfalls eine Lösung für einzelne, hoch belastete Racks (Hotspots). Dies funktioniert in der Regel höchstens für 6 - 8 kW pro (einzelnem!) Rack, weil darüber hinaus auch die erforderliche Kühlluftmenge nicht ans Rack herangeschafft werden kann, ohne das gesamte Kühlsystem durcheinander zu bringen. Mehrere Racks dieser Bauweise können generell nicht ohne weiteres nebeneinander stehen.

3. Kaltgang-Einhausung im Rechenzentrum

Eine äusserst energieeffiziente Lösung für Wärmelasten bis 10 kW pro Rack bietet das Konzept Smart CoolFlex von Knürr / Emerson Network Power, welches in bestehenden sowie in neuen Rechenzentren eingesetzt werden kann. Voraussetzung für diese Lösung ist eine Aufstellung der Racks, wie sie in Kapitel 1 mit dem Warmgang-/Kaltgang-Ansatz erläutert wird. Ein detaillierter Praxistest, welcher von Knürr / Emerson Network Power in Zusammenarbeit mit einem der grössten Schweizer RZ-Betreiber durchgeführt wurde, hat gezeigt, dass die Effizienz der Kühlung massiv erhöht werden kann, wenn das Luftmanagement innerhalb der Kalt- und Warmzonen kontrolliert geregelt wird.



Kaltgang-Einhausung im RZ

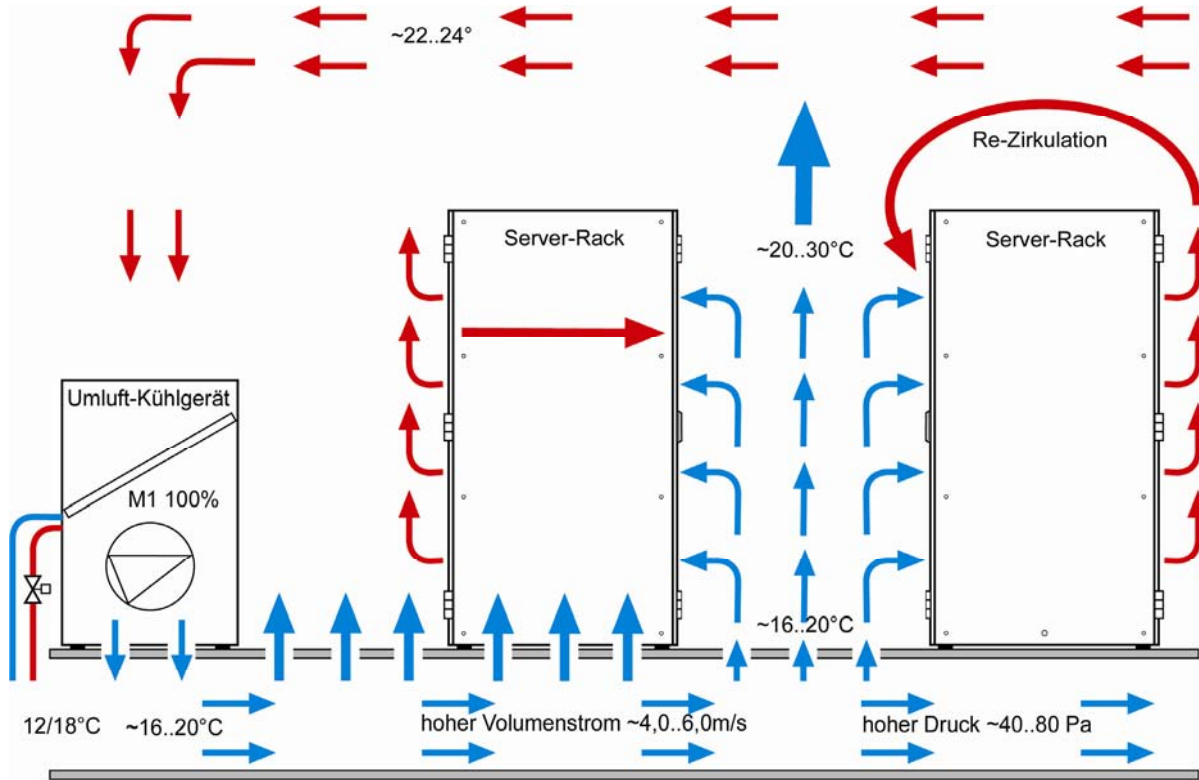
Massnahmen:

Die Rackreihen müssen so angeordnet werden, dass sich immer zwei Rackreihen frontseitig gegenüberstehen und einen Kaltgang bilden. Der Kaltgang wird dann mit einer modularen und flexiblen Lösung geschlossen um Kurzschlüsse zwischen Kalt- und Warmzonen zu vermeiden. Ebenfalls müssen Kalt- und Warmzonen innerhalb der Racks getrennt werden. Wichtig ist auch, alle unnötigen Öffnungen im Doppelboden abzudichten. Beispielsweise sollten perforierte Bodenplatten ausschliesslich in den kalten Gängen verlegt sein und Kabeldurchführungen durch den Boden mit Bürstenleisten o. ä. abgedichtet werden.

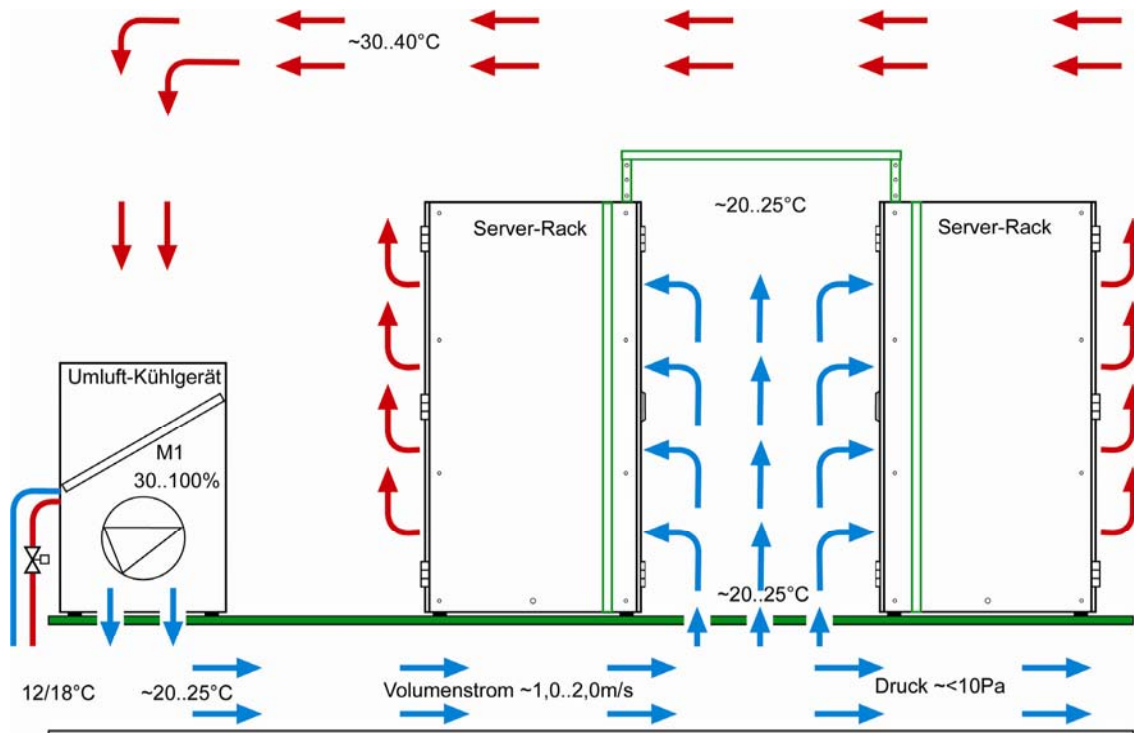
Das CoolFlex System von Knürr / Emerson Network Power kann jederzeit, auch während des laufenden Betriebs eines Rechenzentrums, nachgerüstet werden.

Nur durch den Einsatz der zum Patent angemeldeten, dynamischen Smart CoolFlex Regelung in den Umluftkühlgeräten kann die grösste Energieeffizienz erreicht werden.

Herkömmliches Rechenzentrum



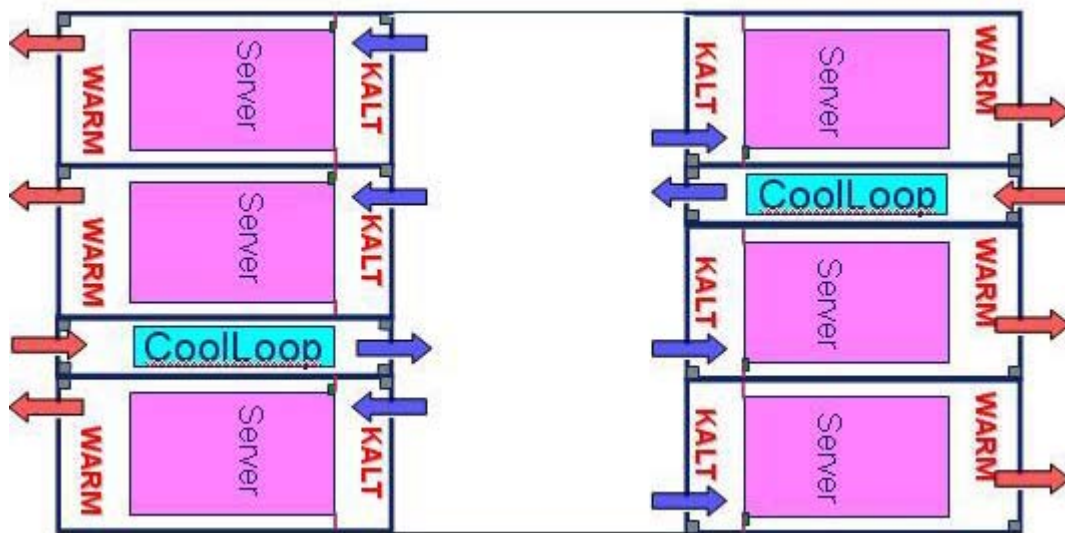
Rechenzentrum mit Smart CoolFlex im Einsatz



Effekt:

Die konsequente und physische Trennung der Kalt- und Warmzonen führt zu einer Unterbindung der Luftverwirbelung von kalter und warmer Luft. Die grössere Temperaturdifferenz der Luft zwischen Ein- und Austritt in den Umluftkühlgeräten erhöht die Effizienz der Kühlung massiv. Die Kühlkapazität bei gleicher Luftmenge wird erheblich gesteigert. Die Regelung der Lüfterdrehzahl in den ULK's nach dem tatsächlichen Luftbedarf der IT Komponenten im Kaltgang, reduziert die elektrische Leistungsaufnahme der Umluftkühlgeräte und verbessert somit den Gesamtwirkungsgrad erheblich.

Die Kühlkapazität je Schrank kann weiter bis auf etwa 20 kW erhöht werden durch den Einsatz von zwischen den Schränken platzierten Reihenkühlgeräten. Auf diese Weise lassen sich auch Kühlsysteme ohne Doppelboden und klassische Umluftkühlgeräte realisieren. Ein weiterer, typischer Einsatzfall ergibt sich, wenn die ULK's am Rand des Raumes nicht ausreichend Kühlluft liefern können.



Kaltgang-Einhausung mit CoolLoop

4. Wassergekühlte Rack-Infrastruktur

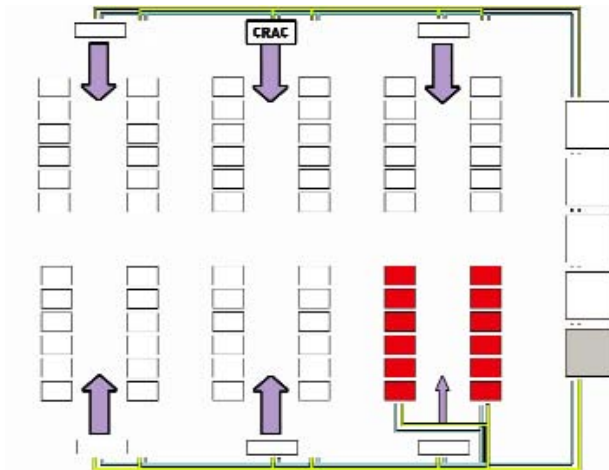
Die wassergekühlten Rack-Lösungen wurden ursprünglich für Hochleistungs-Rechner-Umgebungen entwickelt und sind heute auch in diesem Rahmen im Einsatz.

Grundsätzlich gibt es 3 Anwendungsspektren:

Beispiel für Hochleistungsserver wie Blade Center

Hier wird in einem bestehenden Rechenzentrum eine Zone definiert, in welcher ausschliesslich wassergekühlte Racks zum Einsatz kommen. Der Rest der Server wird über die traditionelle Klimatisierung (Raumluftkühlgeräte und entsprechend abgestimmte Rack-Infrastruktur) gekühlt. Im Unterschied zu der klassischen Klimatisierung, wie auch zu der forcierten Kühlung (siehe Kapitel 1 und 2), wird die Wärme ausschliesslich über das Wasser aus Rack und Raum gebracht. D.h. die Umluft im Rechenzentrum wird nicht belastet. Aus solch einer Rack-Infrastruktur sind heute Wärmelasten bis 25 kW garantiert abführbar (Kaltwasser Inlet 12°C, Outlet 18°C). Benötigt wird eine Verrohrung der Kaltwasserzufuhr im Doppelboden.

TCO-Studien zeigen ein hohes Einsparungspotenzial an Fläche und den damit verbundenen Kosten, an Anlagekosten sowie an laufenden Betriebskosten im Rechenzentrum.



Hotzone in einem bestehenden Rechenzentrum



CoolTherm, wassergekühltes Serverrack (Wärmetauscher unten)



CoolLoop, wassergekühltes Serverrack (Wärmetauscher seitlich)

Beispiel für Nachrüst-Kühlösungen

Mit dieser Lösung (Knürr / ENP: CoolAdd) können vorhandene Racks, unabhängig vom Anbieter, aufgerüstet werden. Unmittelbar am Rack entzieht die Tür der heißen Abluft von Hochleistungsservern die Wärme (10 kW) und entlastet die Klimaanlage des Raumes.

CoolAdd ersetzt die Rücktüre des Serverracks und wird, wie der CoolTherm, am Kaltwassersystem des Rechenzentrums angeschlossen.

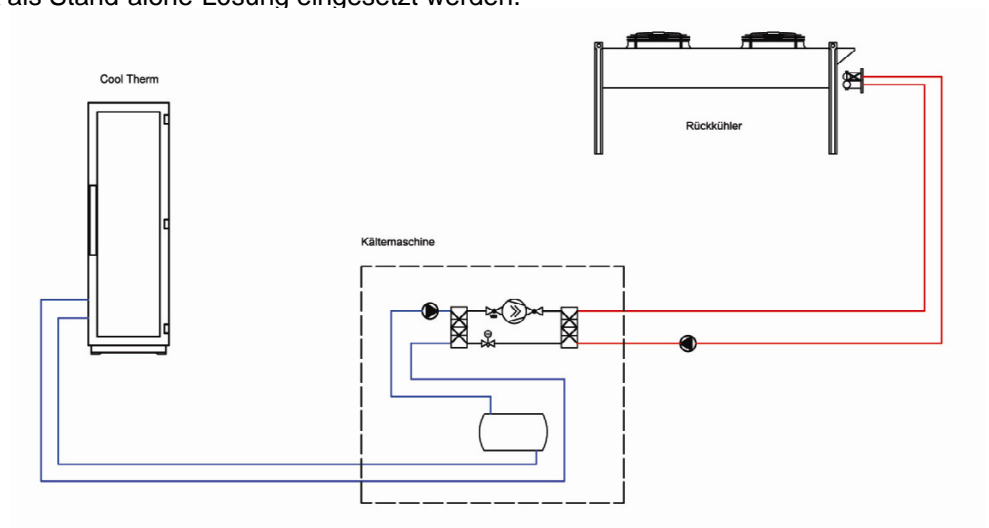
Dieses Gerät eignet sich vor allem dann, wenn höher belastete Schränke oder Schrankreihen nicht nach dem Warmgang / Kaltgang Prinzip angestellt werden können.



CoolAdd von Knürr / ENP

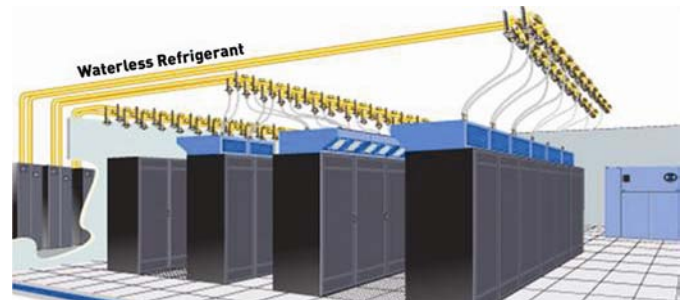
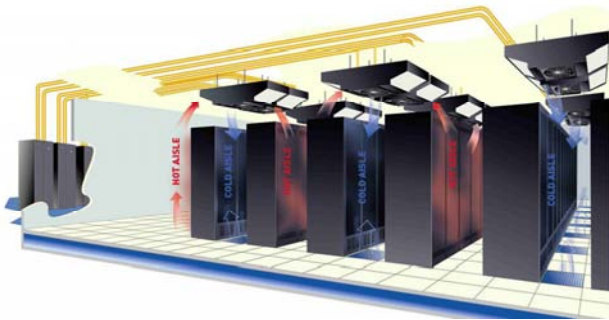
Beispiel für suboptimale RZ-Standorte

Wassergekühlte Lösungen ab 4 kW pro Rack können auch dann eingesetzt werden, wenn eine klassische Klimatisierung aufgrund der Räumlichkeiten nicht möglich ist (z.B. Raum ohne Kapazität für einen Doppelboden). Auch wenn in einem kleinen Serverraum keine Klimatisierung vorhanden ist, kann ein wassergekühltes Rack als Stand-alone-Lösung eingesetzt werden.



Kälteschema für Stand-alone-Lösung

5. Gezielte Kühlung mit gepumpten Kältemitteln



Präzisionsklimatisierung (Bild links und rechts)

Eine weitere, anpassungsfähige Kühlung für hoch belastete Rechnerräume besteht aus einer traditionellen Doppelbodenkühlung sowie einem ergänzenden Kühlsystem, welches oberhalb der Racks installiert wird.

Diese Lösungen (Knürr / ENP: XD-Systeme) unterstützen das Warmgang-/Kaltgang-Konzept bei Doppelboden-Kühlung, da sie die Warmluft effizient aus den Warmluftgängen abführen und Kaltluft in die Kaltluftgänge leiten.

Die Strom- und Kommunikations-Verkabelung muss in diesem Konzept zwingend im Doppelboden geführt werden.

Zusammenfassung

Entscheidend ist, dass die Klimatisierung im Kontext zu den unterschiedlichen Parametern der gesamten ICT-Infrastruktur steht. Deshalb kann von keiner pauschalen Optimallösung ausgegangen werden.

Die Erfahrung zeigt jedoch, dass für ein RZ-Neubau eine Symbiose zwischen einer klassischen Klimatisierung (Kapitel 1) sowie einer Hot Zone-Bildung mit wassergekühlten Racks (Kapitel 4) kostengünstiger ist, als sich der Wärmelast ausschliesslich durch die klassische Klimatisierung zu entledigen.

Für bestehende RZ's ist je nach verfügbarer Kühlkapazität jede der oben beschriebenen Lösungen praktikabel. Wichtig dabei ist, dass in den meisten Fällen eine gezielte Kühlung kostengünstiger ist, als die Temperaturen an Hotspots durch Verstärkung der allgemeinen Raumklimatisierung zu senken (Umluftkühlgeräte oder Lösungen mit zusätzlichen Ventilatoren).

Zentrales Thema ist in jedem Fall die sehr sorgfältige Abstimmung mit den Umgebungsparametern. Hier kann man, wie schon erwähnt, ganz leicht die Lage auch verschlimmern. Es wird empfohlen, im Zweifelsfall einen Experten beizuziehen.

6. Umweltschonende Konzepte zur Klimatisierung und Abwärmenutzung in Rechenzentren

Klimatisierung

Eine ressourcenschonende Kühlung von Rechenzentren sollte im Fokus eines jeden Rechenzentrumdesigns im Sinne der Green IT stehen. Dabei spielt der sparsame Einsatz von Primärenergie ebenso eine Rolle, wie eine gut strukturierte, übersichtliche und umfassend regelbare Anlagentechnik. Durch die Senkung des Energiebedarfs lässt sich der Kohlendioxid-Ausstoss erheblich reduzieren. Auch eine in der Anzahl Komponenten optimierte Anlage entlastet die Umwelt. Dieser Effekt lässt sich durch übergeordnete Steuer- und Regelkonzepte noch verstärken.

Neben der eigentlichen IT trägt die Kühlung zu einem erheblichen Masse zur CO₂-Emission der Rechenzentren bei. Ältere Rechenzentren verbrauchen bis zu 40% ihrer aufgenommenen elektrischen Leistung für die Kühlung. Langfristig lässt sich dieser Anteil auf weit unter 10% senken. Durch einfache, kurzfristige Massnahmen, auch an bestehenden Rechenzentren, sind bis zu 20% realisierbar.

Die Ziele der Green IT haben den extrem hohen Anforderungen an die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Rechenzentren zu folgen. Das schliesst aber nicht aus, die möglichen Optimierungspotentiale bei der Kühlung von Rechenzentren zu heben.

Die energieoptimierte Kühlung von Rechenzentren stützt sich auf 2 Säulen: die Kälteerzeugung und die Ventilation der Kühlluft. Der höhere Energieverbrauch wird durch die Kälteerzeugung verursacht. Meist kommen in Rechenzentren Kaltwassersätze mit Kompressionskältemaschinen zum Einsatz. Diese lassen sich in ihrer Leistungsziffer, dem Verhältnis an aufgenommener Elektroenergie und der erzeugten Kälteleistung verbessern, indem die Kaltwasservorlauftemperatur angehoben wird. Grosse Energieeinsparungen werden in unseren Breiten durch den Einsatz der Indirekten Freien Kühlung erzielt.

Eine optimale Konstruktion der Luft-Wasser-Wärmeübertrager führt dazu, dass eine ausreichende Kühllufttemperatur mit hohen Kaltwasservorlauftemperaturen erreicht wird. Ebenfalls sind die Druckverluste speziell bei der Luftdurchströmung gering, damit die elektrische Leistungsaufnahme der Lüfter niedrig ist. Generell gilt es, alle hydraulischen Widerstände zu minimieren oder zu eliminieren.

Auch die Hardware-Industrie ist aufgerufen, die Kühllufttemperatur-Grenzen zu optimieren. Die diskutierte Anhebung der empfohlenen Zulufttemperatur bei ASHRAE von 25°C auf 27°C weist die richtige Richtung. Dies würde den Anteil der freien Kühlung, d.h. die Wärmeabgabe an die Umgebungsluft, ohne den Einsatz einer Kompressionskältemaschine noch weiter erhöhen und die Leistungsziffer der Kaltwassersätze verbessern.

Neben den geringen Druckverlusten im Luftstrom ist die Reduzierung der Kühlluftmenge selbst ein wesentlicher Ansatzpunkt um den Energieverbrauch für die Kühlung zu verbessern. Der Energieverbrauch der Lüfter steigt in der dritten Potenz proportional zur Lüfterdrehzahl. Somit gilt es, durch eine Erhöhung der Temperaturdifferenz der Kühlluft eine höhere Wärmemenge zu transportieren. Der Luftüberschuss im Rechenzentrum ist zu reduzieren. Um einen sicheren Betrieb des RZ weiterhin zu gewährleisten, ist eine konsequente Trennung der kalten und warmen Luftzonen erforderlich.

Innerhalb der Racks kommen Blindplatten und Luftabschottungen zum Einsatz. Der Doppelboden wird an den Kabeldurchführungen mit Bürsten abgedichtet. Bei höheren Leistungen wird zusätzlich der Gang auf der Zuluftseite der Racks mit einer Einhausung versehen. Das verhindert die Rückströmung der warmen Abluft über die Racks ebenso, wie einen ungenutzten Kühlluftstrom an den Racks vorbei.

Abwärmenutzung

Die Nutzung der Abwärme von Rechenzentren ist eine seltene Ausnahme. Die Ursachen liegen im niedrigen Temperaturniveau der Rechenzentrums Kühlung. Stromgewinnung ist schon durch die physikalischen Gesetze bei diesen Temperaturverhältnissen nicht möglich. Ohne zusätzliche Anlagen, wie z.B. Wärmepumpen, lässt sich die Abwärme nicht auf eine Temperatur bringen, die für eine Brauchwassererwärmung oder Gebäudeheizung nötig wäre.

Ausserdem lassen sich im Winter, ohne den Einsatz einer Kompressionskältemaschine, die Wärmemengen mittels freier Kühlung einfach an die Umgebungsluft abführen. Allerdings wäre genau dann der Wärmebedarf für die Abwärmenutzung am grössten. Ohne eine hardwareunterstützte Anhebung des Temperaturniveaus im Rechenzentrum, bleibt die Abwärmenutzung eine Ausnahme.

Dennoch lässt sich durch einfache Plattenwärmetauscher ein Teil der Warmwasserbereitung realisieren, indem das kalte Trinkwasser vorgeheizt wird. Ebenfalls ist eine Beheizung von Nebenräumen oder Lagerhallen denkbar, wo es nur um eine Sicherung der Frostfreiheit geht. Dieser Ansatz gilt auch für die Beheizung von Verkehrsflächen im Winter um Schnee- und Eisfreiheit herzustellen. Entscheidend dafür ist immer, dass in der Nähe ein ausreichend grosser Verbraucher von Abwärme vorhanden ist und die Einsparungen bei den Heizkosten die Investition wirtschaftlich rechtfertigen oder eine aktive Umweltpolitik des Unternehmens nennenswert unterstützt wird.

Auch bei Nutzung der Abwärme kann auf keinen Fall die Rückkühlanlage für das RZ entfallen, da die zur Beheizung abgenommene Kühlleistung witterungsabhängig ist.

Gerne senden wir Ihnen folgende, ergänzende Unterlagen:

- Whitepaper "Energy Logic - Reduzierung des Energieverbrauchs im Rechenzentrum"
- Whitepaper "Energieeffiziente Infrastrukturen für das Rechenzentrum"
- Applikationsbericht "Kaltgangeinhausung im Rechenzentrum"

Weitere Informationen erhalten Sie unter info@knuerr.ch oder der Telefonnummer 044 806 54 54.